



SKRIPSI ME 141501

**ANALISA KINERJA BANDUL HORIZONTAL DENGAN
MODEL PLAT MULTILEVEL PADA PLTGL**

**ARDIKA WENDY CAHYA SAPUTRA
NRP 4213 105 017**

**Dosen Pembimbing
Tony Bambang Musriyadi, PGD
Irfan Syarief Arief, ST, MT**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2016**



SKRIPSI ME 141501

**ANALISA KINERJA BANDUL HORIZONTAL DENGAN
MODEL PLAT MULTILEVEL PADA PLTGL**

**ARDIKA WENDY CAHYA SAPUTRA
NRP 4213 105 017**

**Dosen Pembimbing
Tony Bambang Musriyadi, PGD
Irfan Syarief Arief, ST, MT**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2016**



SKRIPSI ME 141501

**ANALYSIS OF THE PERFORMANCE IN PENDULUM
WITH HORIZONTAL MODEL OF MULTILEVEL PLATE
ON PLTGL**

**ARDIKA WENDY CAHYA SAPUTRA
NRP 4213 105 017**

**Dosen Pembimbing
Tony Bambang Musriyadi, PGD
Irfan Syarief Arief, ST, MT**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA KINERJA BANDUL HORIZONTAL DENGAN
MODEL PLAT MULTILEVEL PADA PLTGL**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Oleh :

ARDIKA WENDY CAHYA SAPUTRA
NRP. 4213 105 017

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Tony Bambang Mursiyadi, PGD.

Irfan Syarif Arief, ST, MT

SURABAYA
Juli, 2016

“Halaman sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KINERJA BANDUL HORIZONTAL DENGAN MODEL PLAT MULTILEVEL PADA PLTGL

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Oleh :

ARDIKA WENDY CAHYA SAPUTRA
NRP. 4213 105 017

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng M. Badrus Zaman., ST, MT.
19770802 200801 1 007

SURABAYA
Juli, 2016

“Halaman sengaja dikosongkan”

ANALISA KINERJA BANDUL HORIZONTAL DENGAN MODEL BANDUL PLAT MULTILEVEL PADA PLTGL

Nama Mahasiswa : ARDIKA WENDY CAHYA SAPUTRA
NRP : 4213 105 017
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Tony Bambang Mursiyadi, PGD.
2. Irfan Syarief Arief. ST.MT

Abstrak

Dengan perkembangan zaman serta industri, maka sumber energi seperti energi fosil semakin menipis. Hal tersebut mendorong semua pihak untuk menjadi lebih maju dan berkembang dengan menciptakan solusi pembangkit energi yang dapat terbarukan dengan inovasi terbaru, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut sistem bandulan.

Ponton yang menggunakan sistem bandul adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengkonversi dari energy gelombang laut menjadi energi listrik. Dalam kajian ini menggunakan kondisi uji onshore tanpa menggunakan ballast dan uji off-shore dengan ballas.

Dari pengujian didapatkan banyaknya putaran yang dapat dihasilkan bandul dengan tebal plat juring dan sudut kemiringan ponton. Untuk uji on-shore daya terbesar didapatkan pada pengujian dengan menggunakan sudut juring 30° , tebal 3 mm, sudut kemiringan 60° daya yang dihasilkan 0.036 watt. Untuk pengujian offshore pada ballas 12 cm, 15 cm, 17.5 cm, daya terbesar dihasilkan pada ballas 15 cm dengan daya 0.041 watt pada juring, tebal, dan sudut kemiringan yang sama dengan pengujian on-shore. Jumlah putaran dengan waktu, pada pengujian on-shore yang menghasilkan nilai paling besar pada juring dengan sudut 30° , tebal 3 mm sudut kemiringan 60° nilai yang didapatkan 0,938 rad/s. Pada pengujian off-shore paling besar ada pada ballas 15 dengan 0.847 rad/s

Kata Kunci : Ponton, sistem bandulan, uji on-shore, uji off-shore, daya.

“Halaman sengaja dikosongkan”

***ANALYSIS OF THE PERFORMANCE IN
PENDULUM WITH HORIZONTAL MODEL OF
MULTILEVEL PLATE ON PLTGL***

Nama Mahasiswa : ARDIKA WENDY CAHYA SAPUTRA
NRP : 4213 105 017
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Tony Bambang Musriyadi, PGD.
2. Irfan Syarief Arief. ST. MT

Abstract

Energy sources such as fossil fuels are decrease. It encourages all the parties to be able to be better until the science contained in the shipping world develope the latest innovations, one of which is a sea wave power plant - pendulum system.

Pontoon who uses pendulum system is one tool used to convert from the ocean energy into electrical energy. In this study using the test conditions without the use of ballast onshore and offshore test with ballast. the result from study is rotation value that can be generated by a variety of shapes pendulum angle section, plate thickness and the angle of the pontoon.

from the test the largest on-shore power obtained from the test using 30° angle, thickness 3 mm, the angle of 60° power produced 0.036 watt. Testing off-shore in the ballasts 12 cm, 15 cm, 17.5 cm, the largest power generated at power 0.041 watt ballasts, thick, and a tilt angle equal to test on-shore. Amount of rotation with time on testing on-shore that produces the greatest value in the section with an angle of 30°, 3 mm thick, angle 60° value is 0.938 rad / s. At most large off-shore test there is 15 ballast with 0.847 rad / s.

Key Word : Ponton, pendulum system, on-shore test, off-shore test, power.

“Halaman sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN iii

ABSTRAKv

ABSTRACTvii

KATA PENGANTAR.....ix

DAFTAR ISI.....xi

DAFTAR TABEL xv

DAFTAR GAMBAR.....xvii

DAFTAR GRAFIKxix

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah.....2

1.3 Batasan Masalah.....3

1.4 Tujuan Skripsi.....3

1.5 Manfaat3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....6

2.1 Energi Gelombang Laut.....6

2.2 Stabilitas.....14

2.2.1 Macam Stabilitas..... 15

2.2.1.1 Titik Stabilitas Pada Benda Diperairan..... 15

2.2.1.2 Ukuran Dalam Stabilitas 17

2.3	Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut	18
2.3.1	Sistem off shore.....	19
2.3.2	Sistem on shore.....	19
BAB III METODOLOGI		21
3.1	Studi literatur.....	22
3.2	Pembuatan Objek	22
3.3	Uji PLTGL-SB tanpa Ballast	23
3.4	Uji PLTGL-SB dengan Ballast.....	24
3.5	Pengumpulan Data.....	24
3.6	Pengolahan Data.....	25
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Umum	27
4.2	Dimensi Objek	27
4.3	Perancangan Bandul	29
4.4	Metode Uji Fisik	30
4.5	Data hasil percobaan.....	32
4.6	Pengolahan Data Pengujian <i>On shore</i>	39
4.7	Analisa Data Pengujian <i>On shore</i>	45
4.7.1	Pengujian <i>On shore</i>	45
4.7.2	Pembahasan tebal 1 mm,2 mm,3 mm sudut 30° ...	49
4.7.2	Pembahasan nilai omega dengan juring tebal 1 mm,2 mm,3 mm sudut 30°	49

4.8	Pengolahan Data Pengujian <i>Off shore</i> Ballas 12 cm.....	52
4.8.1	Pengolahan data praktikum pada pengujian off shore pada ballas 12cm.....	52
4.9	Analisa Data <i>Offshore</i> Ballas 12 cm.....	54
4.9.1	Pembahasan nilai daya dengan juring tebal 1 mm,2 mm,3 mm sudut 30° pada ballas 12cm.....	54
4.9.2	Pembahasan omeg dengan juring tebal 1 mm,2 mm,3 mm sudut 30° pada ballas 12cm.....	55
4.10	Pengolahan Data Pengujian <i>Off shore</i> Ballas 15 cm.....	56
4.10.1	Pengolahan data praktikum pada pengujian off shore pada ballas 15cm.....	56
4.11	Analisa Data <i>Offshore</i> Ballas 15 cm.....	58
4.11.1	Pembahasan nilai daya dengan juring tebal 1 mm,2 mm,3 mm sudut 30° pada ballas 15cm.....	58
4.11.2	Pembahasan omega dengan juring tebal 1 mm,2 mm,3 mm sudut 30° pada ballas 15cm.....	60
4.12	Pengolahan Data Pengujian <i>Off shore</i> Ballas 17,5 cm.....	61
4.12.1	Pengolahan data praktikum pada pengujian off shore pada ballas 17,5cm	61
4.13	Analisa Data <i>Offshore</i> Ballas 17,5 cm.....	63
4.13.1	Pembahasan nilai daya dengan juring tebal 1 mm,2 mm,3 mm sudut 30° pada ballas 17,5cm.....	63
4.13.2	Pembahasan omega dengan juring tebal 1 mm,2 mm,3	

	mm	sudut	30°	pada	ballas	
	17,5cm.....					65
4.14	Hasil Pembahasan	<i>on shore</i>			66
4.15	Hasil Pembahasan	<i>off shore</i>	ballas 12 cm		66
4.16	Hasil Pembahasan	<i>off shore</i>	ballas 15 cm		67
4.17	Hasil Pembahasan	<i>off shore</i>	ballas 15 cm		67
BAB V KESIMPULAN.....						71
5.1	Kesimpulan.....					71
5.2	Saran.....					71
DAFTAR PUSTAKA.....						72
LAMPIRAN						

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbanding energy gelombang laut, angin, matahari.....	11
Tabel 4.1 Variasi Bandul Juring pengujian ponton	32
Tabel 4.2 Tabel Hasil Percobaan juring tebal 1 mm	34
Tabel 4.3 Tabel Hasil Percobaan juring tebal 2 mm	34
Tabel 4.4 Tabel Hasil Percobaan juring tebal 3 mm	35
Tabel 4.5 Tabel Hasil Percobaan ballas 12 cm juring tebal 1 mm.....	37
Tabel 4.6 Tabel Hasil Percobaan ballas 12 cm juring tebal 2 mm.....	37
Tabel 4.7 Tabel Hasil Percobaan ballas 12 cm juring tebal 3 mm.....	38
Tabel 4.8 Tabel Hasil Percobaan ballas 15 cm juring tebal 1 mm.....	38
Tabel 4.9 Tabel Hasil Percobaan ballas 15 cm juring tebal 2 mm.....	39
Tabel 4.10 Tabel Hasil Percobaan ballas 15 cm juring tebal 3 mm	39
Tabel 4.11 Tabel Hasil Percobaan ballas 17.5 cm juring tebal 1 mm	40
Tabel 4.12 Tabel Hasil Percobaan ballas 17.5 cm juring tebal 2 mm	40
Tabel 4.13 Tabel Hasil Percobaan ballas 17.5 cm juring tebal 3 mm	41
Tabel 4.14 Tabel massa, volume, inersia dan h.....	46
Tabel 4.15 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o tebal 1 mm	46
Tabel 4.16 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o tebal 2 mm	46
Tabel 4.17 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o tebal 3 mm	47
Tabel 4.18 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o ballas 12 cm tebal 1 mm	54
Tabel 4.19 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o ballas 12 cm tebal 2 mm	55
Tabel 4.20 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o ballas 12 cm tebal 3 mm	55
Tabel 4.21 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o ballas 15 cm tebal 1 mm	59
Tabel 4.22 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o ballas 15 cm tebal 2 mm	59
Tabel 4.23 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o ballas 15 cm tebal 3 mm	59
Tabel 4.24 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o ballas 17,5 cm tebal 1 mm	64
Tabel 4.25 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o ballas 17,5 cm tebal 2 mm	64
Tabel 4.26 Tabel Hasil perhitungan juring 30 ^o ballas 17,5 cm tebal 3 mm	64

“Halaman sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi PLTGL-SB Zamrisyaf	11
Gambar 2.2 model SEAREV berupa pendulum vertical mirip <i>gyroscopic</i>	12
Gambar 2.3 PLTGL pendulum secara horizontal.....	13
Gambar 2.4 Titik stabilitas pada Benda di Perairan	15
Gambar 2.5 Letak titik berat benda diperairan	16
Gambar 2.6 Letak Titik Apung Benda.....	16
Gambar 2.7 Letak Titik Metasentris.....	17
Gambar 2.8 Ukuran – Ukuran Yang Digunakan Dalam Perhitungan Stabilitas	18
Gambar 3.1 flowchart metodologi penelitian PLTGL-SB.....	27
Gambar 4.1 Ponton tampak atas dan tampak samping.....	30
Gambar 4.2 bandul bentuk juring dengan sudut 30°	31
Gambar 4.3 gambar pada pengujian on shore	34
Gambar 4.4 gambar skema juring	41
Gambar 4.5 gambar penentuan titik berat.....	43
Gambar 4.6 gambar penentuan momen inersia	44

“Halaman sengaja dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 1 mm.....	48
Grafik 4.2 perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 2 mm	49
Grafik 4.3 perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 3 mm	49
Grafik 4.4 perbandingan daya pada juring 30° dengan tebal plat yang berbeda.....	52
Grafik 4.5 perbandingan nilai omega pada juring 30° tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm.....	53
Grafik 4.6 perbandingan daya pada juring 30° dengan tebal plat yang Berbeda pada ballas 12cm.....	56
Grafik 4.7 perbandingan omega pada juring 30° dengan tebal plat yang Berbeda pada ballas 12cm.....	57
Grafik 4.8 perbandingan daya pada juring 30° dengan tebal plat yang Berbeda pada ballas 15cm.....	60
Grafik 4.9 perbandingan omega pada juring 30° dengan tebal plat yang Berbeda pada ballas 15cm.....	62
Grafik 4.10 perbandingan daya pada juring 30° dengan tebal plat yang Berbeda pada ballas 17,5cm.....	65
Grafik 4.11 perbandingan omega pada juring 30° dengan tebal plat yang Berbeda pada ballas 17,5cm.....	6

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Sebagian besar rakyat Indonesia saat ini menggunakan energi yang berasal dari bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, gas dan batu bara. Dengan adanya kebijakan pemerintah untuk melakukan penghematan energi, maka perlu dilakukan pencarian sumber energi yang ramah lingkungan dan terbarukan. Lebih dari 70% bagian permukaan bumi adalah lautan yang mempunyai potensi sumber energi alternatif yang melimpah, yaitu energi yang terbarukan dan tak terbarukan. Secara umum, potensi energi samudra yang dapat menghasilkan listrik salah satunya adalah energi gelombang laut (wave energy). Energi gelombang laut salah satu potensi laut dan samudra yang belum banyak diketahui masyarakat umum untuk menghasilkan listrik.

Indonesia memiliki potensi sumber daya kelautan yang sangat besar. Salah satu potensi tersebut adalah energi gelombang laut. Energi gelombang laut adalah salah satu energy alternative yang dapat digunakan untuk mengurangi ketergantungan manusia terhadap energi fosil yang kian hari semakin berkurang jumlahnya karena memerlukan waktu yang lama untuk menghasilkan energi tersebut. Energi gelombang laut merupakan energy alternatif yang cukup menjanjikan dibandingkan dengan sumber energi alternatif lainya seperti angin dan panas matahari. Teknologi

pengembangan energi laut tersebut dapat memecahkan masalah energi listrik sebagai negara kepulauan, apalagi Negara Republik Indonesia

Tugas akhir ini adalah kelanjutan dan variasi dari tugas akhir sebelumnya tentang PLTGL dengan menggunakan pendulum berbentuk bola dengan posisi dirubah dengan pendulum atau bandul dengan berbentuk plat posisi horizontal. Sehingga dari penelitian sebelumnya yang berbentuk pendulum bola pada tugas akhir ini akan dilakukan variasi dan perubahan dengan pendulum berbentuk juring plat dengan ketebalan tertentu posisi horizontal untuk mengetahui daya terbesar yang dihasilkan untuk setiap perbedaan pada bandul dengan bentuk juring lingkaran. Serta faktor apa saja yang mempengaruhi perbedaan anata pengujian menggunakan teori dengan pengujian secara praktikum, sehingga dapat digunakan untuk referensi pembuatan pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang lebih optimal.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan

Dalam analisa ini, permasalahan yang menjadi pokok bahasan dalam penyusunan Skripsi ini adalah :

1. Berapa daya terbesar yang dihasilkan oleh juring 30° , tebal, serta kemiringan sudut ponton terhadap daya yang dihasilkan ?
2. Berapakah penggunaan juring dengan tebal tertentu untuk mendapatkan jumlah putaran dan waktu yang paling optimal?

3. Berapa penggunaan ballas, untuk memperoleh daya terbesar serta jumlah putaran dengan waktu tertentu

1.3 Batasan Masalah:

Batasan masalah dalam penyusunan Skripsi ini adalah :

1. Pada uji kali ini ukuran dimensi PLTGL sesuai dengan model analisa sebelumnya
2. Tugas akhir ini hanya membahas mengenai jumlah putaran bandul yang dapat dihasilkan.
3. Pada pengujian ketinggian gelombang diabaikan.

1.4 TUJUAN SKRIPSI

1. Untuk mengetahui daya terbesar yang dihasilkan oleh setiap perbedaan tebal pada bandul, serta kemiringan sudut ponton terhadap daya yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui penggunaan tebal juring tertentu untuk mendapatkan jumlah putaran dan waktu yang paling optimal.
3. Untuk mengetahui penggunaan ballas, untuk memperoleh daya terbesar serta jumlah putaran dengan waktu tertentu yang paling besar.

1.5 MANFAAT

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Membantu memberdayakan potensi energi laut yang ada di Indonesia, serta untuk memperkenalkan kepada masyarakat energi laut yang belum tersentuh untuk menjadi sumber energi listrik andalan pada dekade kedepan.

2. Sebagai informasi untuk meningkatkan pengetahuan pembaca dalam bidang PLTGL-SB
3. Sebagai rangka kedepan untuk pengembangan teknologi dalam penggunaan gelombang laut sebagai sumber energi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Gelombang Laut

Salah satu potensi laut dan samudra yang belum banyak diketahui masyarakat umum adalah potensi energi laut dan samudra untuk menghasilkan listrik. Negara yang melakukan penelitian dan pengembangan potensi energi samudra untuk menghasilkan listrik adalah Inggris, Francis dan Jepang. Secara umum, potensi energi samudra yang dapat menghasilkan listrik dapat dibagi kedalam 3 jenis potensi energi yaitu energi pasang surut (tidal power), energi gelombang laut (wave energy) dan energi panas laut (ocean thermal energy). Energi pasang surut adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan air laut akibat perbedaan pasang surut. Energi gelombang laut adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan gelombang laut menuju daratan dan sebaliknya. Sedangkan energi panas laut memanfaatkan perbedaan temperatur air laut di permukaan dan di kedalaman. Meskipun pemanfaatan energi jenis ini di Indonesia masih memerlukan berbagai penelitian mendalam, tetapi secara sederhana dapat dilihat bahwa probabilitas menemukan dan memanfaatkan potensi energi gelombang laut dan energi panas laut lebih besar dari energi pasang surut. Pada dasarnya pergerakan

laut yang menghasilkan gelombang laut terjadi akibat dorongan pergerakan angin. Angin timbul akibat perbedaan tekanan pada 2 titik yang diakibatkan oleh respons pemanasan udara oleh matahari yang berbeda di kedua titik tersebut. Mengingat sifat tersebut maka energi gelombang laut dapat dikategorikan sebagai energi terbarukan. Gelombang laut secara ideal dapat dipandang berbentuk gelombang secara ideal dapat dipandang berbentuk gelombang yang memiliki ketinggian puncak maksimum dan lembah minimum. Pada selang waktu tertentu, ketinggian puncak yang dicapai serangkaian gelombang laut berbeda-beda, bahkan ketinggian puncak ini berbeda-beda untuk lokasi yang sama jika diukur pada hari yang berbeda. Meskipun demikian secara statistik dapat ditentukan ketinggian signifikan gelombang laut pada satu titik lokasi tertentu. Bila waktu yang diperlukan untuk terjadi sebuah gelombang laut dihitung dari data jumlah gelombang laut yang teramati pada sebuah selang tertentu, maka dapat diketahui potensi energi gelombang laut di titik lokasi tersebut. Potensi energi gelombang laut pada satu titik pengamatan dalam satuan kw per meter berbanding lurus dengan setengah dari kuadrat ketinggian signifikan dikali waktu yang diperlukan untuk terjadi sebuah gelombang laut. Berdasarkan perhitungan ini dapat diprediksikan berbagai potensi energi dari gelombang laut di berbagai tempat di dunia. Dari data tersebut, diketahui bahwa

pantai barat Pulau Sumatera bagian selatan dan pantai selatan Pulau Jawa bagian barat berpotensi memiliki energi gelombang laut sekitar 40kw/m. Pada dasarnya prinsip kerja teknologi yang mengkonversi energi gelombang laut menjadi energi listrik adalah mengakumulasi energi gelombang laut untuk memutar turbin generator. Karena itu sangat penting memilih lokasi yang secara topografi memungkinkan akumulasi energi. Meskipun penelitian untuk mendapatkan teknologi yang optimal dalam mengkonversi energi gelombang laut masih terus dilakukan, saat ini, ada beberapa alternatif teknologi yang dapat dipilih. Alternatif teknologi yang diperidiksikan tepat dikembangkan di pesisir pantai selatan Pulau Jawa adalah teknologi Tapered Channel (Tapchan). Prinsip teknologi ini cukup sederhana, gelombang laut yang datang disalurkan memasuki sebuah salurah runcing yang berujung pada sebuah bak penampung yang diletakkan pada sebuah ketinggian tertentu. Air laut yang berada dalam bak penampung dikembalikan ke laut melalui saluran yang terhubung dengan turbin generator penghasil energi listrik. Adanya bak penampung memungkinkan aliran air penggerak turbin dapat beroperasi terus menerus dengan kondisi gelombang laut yang berubah-ubah. Teknologi ini tetap memerlukan bantuan mekanisme pasang surut dan pilihan topografi garis pantai yang tepat. Teknologi ini telah dikembangkan sejak tahun 1985. Alternatif

teknologi pembangkit tenaga gelombang laut yang lebih banyak dikembangkan adalah teknik osilasi kolom air (the oscillating water column). Proses pembangkitan tenaga listrik dengan teknologi ini melalui 2 tahapan proses. Gelombang laut yang datang menekan udara pada kolom air yang diteruskan ke kolom atau ruang tertutup yang terhubung dengan turbin generator. Tekanan tersebut menggerakkan turbin generator pembangkit listrik. Sebaliknya, gelombang laut yang meninggalkan kolom air diikuti oleh gerakan udara dalam ruang tertutup yang menggerakkan turbin generator pembangkit listrik. Variasi prinsip teknologi ini dikembangkan di Jepang dengan nama might whale technology. Di Skotlandia, Inggris Raya, telah dibangun pembangkit tenaga gelombang laut yang digunakan yang menggunakan teknologi ini. Pembangkit yang selesai dibangun pada tahun 2000 ini dilengkapi listrik sampai 500 kW. Selain itu, di Denmark dikembangkan pula teknologi pembangkit tenaga gelombang laut yang disebut wave dragon, prinsip kerjanya mirip dengan tapered channel. Perbedaannya pada wave dragon, saluran air dan turbin generator diletakkan di tengah bak penampung sehingga memungkinkan pembangkit dipasang tidak di pantai. Pembangkit-pembangkit tersebut kemudian dihubungkan dengan jaringan transmisi bawah laut ke konsumen. Hal ini menyebabkan biaya instansi dan perawatan pembangkit ini mahal. Meskipun demikian

pembangkit ini tidak menyebabkan polusi dan tidak memerlukan biaya bahan bakar karena sumber penggeraknya energi alam yang bersifat terbarukan.

Pada tahun 2010, studi pemodelan dan simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut-Sistem Bandul (PLTGL-SB) kerjasama antara Badan Penelitian dan Pengembangan Ketegalistrikan PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Sepuluh Nopember tahun 2010. Pembangkit listrik yang digagas Zamrisyaf dibuat dengan memanfaatkan tenaga gelombang laut dan system bandulan. Rancangan bangunnya berbentuk ponton, sampan yang rendah dan lebar, yang ditempatkan mengapung diatas permukaan air laut.

Konsep Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandul (PLTGL-SB) ini sebenarnya sederhana. Gerakan air laut akan menggerakkan ponton sesuai dengan alur fluktuasi gelombang air laut. Gerakan ponton akibat fluktuasi gelombang laut itu akan membuat bandul-bandul yang ada didalamnya ikut bergoyang seperti lonceng. Gerakan bandul tersebut yang akan ditransmisikan menjadi gerakan putar untuk memutar dynamo. Dari situlah selanjutnya PLTGL-SB dapat menghasilkan listrik.



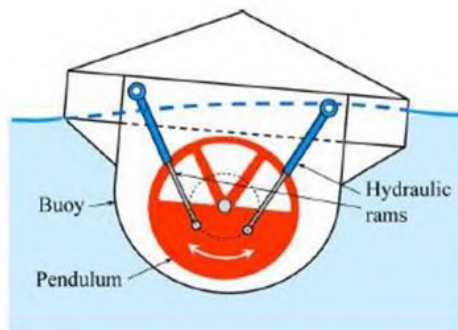
Gambar 2.1 Ilustrasi PLTGL-SB Zamrisyaf [2]

Tipe	Kerapatan energi	Prediksi	Ketersediaan	Kawasan Potensial
Energi Gelombang	Tinggi	Dapat Diprediksi di banyak tempat	80-90%	Tidak Terbatas
Energi Angin	Rendah	Tidak dapat Diprediksi kecuali ditempat-tempat terbatas	20-30%	Sangat Terbatas
Energi Matahari	Rendah	Tidak dapat diprediksi kecuali dibeberapa tempat	20-30%	Dibeberapa Kawasan

Tabel 2.1. Perbandingan energi gelombang laut, angin dan matahari

Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) dengan system pendulum yang akan diteliti ini termasuk *Oscillating Bodies* dengan tipe gerakan bersifat *floating* dengan system transmisi

berupa gerakan rotasi. Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut pertama kali diteliti oleh Zamrisyaf pegawai pusat penelitian dan pengembangan Perusahaan Listrik Negara (PLN) sejak tahun 2002. Temuan Zamrisyaf telah mendapat penyempurnaan lewat kerja sama dengan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, dalam penyempurnaan telah menghasilkan ukuran-ukuran ponton, berat bandul dan panjang lengan bandul serta daya dan putaran yang dihasilkan. Model PLTGL yang memiliki kemiripan dengan system pendulum ini adalah model SEAREV seperti gambar 2.1 yang dikembangkan oleh *Cole Centrale de Nantes*, Prancis. Dimana cara kerjanya yaitu memanfaatkan gerakan pithcing benda apung (buoy/benda ponton) dan terdapat pendulum yang dipasang vertical dan dihubungkan dengan *hydraulic pump* untuk memutar generator.



Gambar 2.2 model SEAREV berupa pendulum vertical mirip *gyroscopic*

Model PLTGL system pendulum yang akan diteliti berbeda dengan model SEAREV, dimana perbedaannya adalah pendulum diletakan horizontal diatas deck dan bergerak rotasi yang terhubung dengan generator (pembangkit tenaga listrik) seperti gambar.



Gambar 2.3 PLTGL system pendulum yang diletakan horizontal diatas ponton

Energi yang dihasilkan oleh alat PLTGL ini sangat tergantung dari gerakan ponton yang akan digerakkan oleh gelombang air laut. Gerakan yang dihasilkan pada ponton adalah gerakan rotasi dan translasi, gerakan ini muncul sebagai akibat dari tabrakan dengan permukaan gelombang atau tekanan naik dan turun dibawah permukaan laut. Dengan demikian model ponton, variasi sudut kemiringan lambung ponton, jenis dan ukuran

gelombang yang terjadi dimana ponton dipasang dan cara pemasangan ponton itu sendiri merupakan beberapa hal yang berpengaruh terhadap gerakan yang dihasilkan ponton. Besar energy yang berpotensi pada gelombang laut dapat dinyatakan sebagai daya per unit panjang. Pada daerah pantai yang memiliki pola gelombang yang baik kira-kira memiliki daya antara 20-70 kwh/meter. Bila Indonesia bisa memanfaatkan sekitar 0.1 % dari 81.290 km panjang garis pantai atau sekitar 81,3 km sudah mampu menghasilkan daya 1.6 giga watt, bila terkena factor efisiensi 50 % saja bisa menghasilkan 800 mega watt yang sangat menjanjikan. Rumus untuk menghitung potensi energy pada gelombang laut sederhana dapat didefinisikan seperti rumus dibawah ini.

2.2 Stabilitas

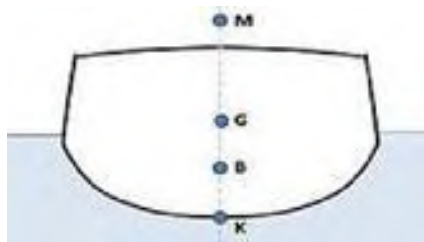
Stabilitas adalah kemampuan suatu benda untuk menyeimbangkan posisi ketika melayang atau menapung agar bisa kembali keposisi tegak ketika miring atau oleng. Ketika suatu benda mengapung didalam air benda tersebut tidak selalu dalam kedudukan tegak. Tetapi mendapat pengaruh lain dari luar misalnya ombak, angin, yang menyebabkan benda tersebut akan goyah. Jadi benda yang mengapung tersebut akan mengalami keolengan atau trim. Untuk kembali keposisi semula benda yang mengapung termasuk kapal harus mampu melawan semua gaya luar yang

menyebabkan kemiringannya, sehingga dapat kembali keposisi semula.

2.2.1 Macam Stabilitas

2.2.1.1 Titik Stabilitas pada Benda di perairan

Stabilitas sangat penting pada benda yang mengapung karena perubahan posisi titik – titik ini akan sangat berpengaruh terhadap kembali atau tidaknya benda ketika mengalami keolengan. Adapun definisi dari pada titik stabilitas pada gambar 2.3 dibawah ini [7],[8].

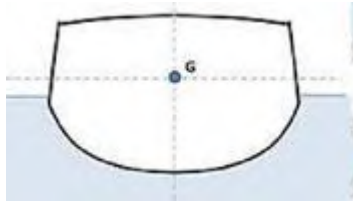


Gambar 2.4 Titik stabilitas pada Benda di Perairan[8]

✓ Titik berat (*Centre of Gravity*) (G)

Secara definisi titik berat (G) ialah titik berat kapal dan ini dipengaruhi oleh kontruksinya selain itu hal ini merupakan titik tangkap dari semua gaya-gaya yang bekerja kebawah. Letak titik G pada benda kosong ditentukan oleh hasil percobaan stabilitas. Perlu diketahui bahwa, letak titik G tergantung dari pada pembagian berat benda. Jadi selama tidak ada berat yang

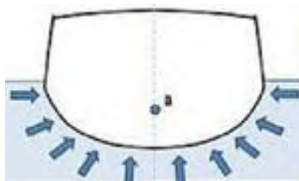
digeser/ditambah/dikurangi, titik G tidak akan berubah walaupun oleng atau mengangguok/trim.



Gambar 2.5 Letak titik berat benda diperairan[8]

✓ Titik Apung (*Centre of Bouyency*) (B)

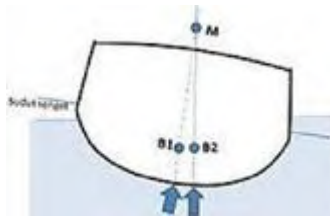
Titik apung (*Centre of Bouyency*) dikenal dengan titik B dari sebuah benda, yaitu titik tekan keatas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang terendam oleh air. Dalam stabilitas benda titik B inilah yang menyebabkan benda mampu untuk tegak kembali setelah mangalami senget. Letak titik B tergantung dari besarnya senget benda (bila senget berubah maka letak titik B akan berubah / berpindah. Bila benda menyenget titik B akan berpindah kesisi yang rendah.



Gambar 2.6 Letak Titik Apung Benda[8]

✓ Titik Metasentris (M)

Titik metasentris atau dikeal dengan titik M dari sebuah benda, merupakan sebuah titik semu dari batas dimana titik G tidak boleh melewati di atasnya agar supaya benda tetap mempunyai stabilitas yang positif (stabil). Maka artinya berubah-ubah, jadi titik metrasentris dapat berubah letaknya dan tergantung dari besarnya sudut senget.

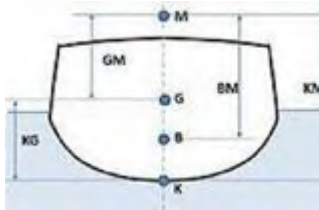


Gambar 2.7 Letak Titik Metasentris [8]

Apabila benda senget pada sudut kecil (tidak lebih dari 15 derajat), maka titik apung B bergerak disepanjang busur dimana titik M merupakan titik pusatnya dibidang tengah benda (Centre of Line) dan pada sudut senget yang kecil ini perpindahan letak titik M masih sangat kecil, sehingga masih dapat dikatakan tetap.

2.2.1.2 Ukuran Dalam Stabilitas

Ada beberapa ukura yang digunakan dalam stabilitas kapal seperti dalam gambar berikut,



Gambar 2.8 Ukuran – Ukuran Yang Digunakan Dalam Perhitungan Stabilitas [8]

- ✓ KG (*Keel of Gravity*) adalah tinggi titik berat kelunas/jarak/ letak titik berat terhadap lunas. Titik berat ini sangat dipengaruhi oleh bentuk konstruksi kapalnya. Baik berat kapal maupun tidak beratnya dapat dicari dengan perhitungan yang teliti dari berat konstruksinya secara pos per pos.

2.3 Pengertian Pembangkit listrik Tenaga Gelombang

Secara umum, sistem kerja pembangkit listrik tenaga gelombang laut sangat sederhana. Sebuah tabung beton dipasang pada ketinggian tertentu di pantai dan ujungnya dipasang di bawah permukaan air laut. Ketika ada ombak yang datang ke pantai, air dalam tabung beton tersebut mendorong udara di bagian tabung yang terletak di darat. Gerakan yang sebaliknya terjadi saat ombak surut. Gerakan udara yang berbolak-balik inilah yang dimanfaatkan untuk memutar turbin yang

dihubungkan dengan sebuah pembangkit listrik. Terdapat alat khusus yang dipasang pada turbin sehingga turbin berputar hanya pada satu arah walaupun arus udara.

Ada 2 cara untuk mengkonversi energi gelombang laut menjadi listrik, yaitu dengan sistem off-shore (lepas pantai) atau on-shore (pantai):

2.3.1 Sistem Off – Shore

Dirancang pada kedalaman 40 meter dengan mekanisme kumparan yang memanfaatkan pergerakan gelombang untuk memompa energi. Listrik dihasilkan dari gerakan relatif antara pembungkus luar (external hull) dan bandul dalam (internal pendulum). Naik-turunnya pipa pengapung di permukaan yang mengikuti gerakan gelombang berpengaruh pada pipa penghubung yang selanjutnya menggerakkan rotasi turbin bawah laut. Cara lain untuk menangkap energi gelombang laut dengan sistem off-shore adalah dengan membangun sistem tabung dan memanfaatkan gerak gelombang yang masuk ke dalam ruang bawah pelampung sehingga timbul perpindahan udara ke bagian atas pelampung. Gerakan perpindahan udara inilah yang menggerakkan turbin.

2.3.2 Sistem On – Shore

Sedangkan pada sistem on-shore, ada 3 metode yang dapat digunakan, yaitu channel system, float system, dan oscillating water column system. Secara umum, pada prinsipnya, energi mekanik yang tercipta dari sistem-sistem ini mengaktifkan generator secara langsung dengan mentransfer gelombang fluida (air atau udara penggerak) yang kemudian mengaktifkan turbin generator.

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

Metodologi yang akan digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah melalui pendekatan pemodelan pontonya dengan skala 1:10 dari ukuran sebenarnya. Runtutan metodologi yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan penentuan ukuran awal objek dengan yaitu:
 - Disesuaikan dengan ukuran ponton pada percobaan sebelumnya
 - Membuat 3 buah bandul dengan sudut 30, yang masing-masing sudut memiliki ketebalan berbeda sebagai variasi dalam pengujian untuk mendapatkan data yang optimal.
2. Melakukan pemodelan ponton dengan skala 1 : 10 untuk melakukan pengujian, pengujiannya meliputi :
 - Pengujian dilakukan tanpa menggunakan ballast. Metode yang dilakukan dengan cara manual.
 - Pengukuran yang diambil dari pengujian adalah jumlah periode pada bandul yang dihasilkan dalam waktu tertentu.
 - Pengujian dengan menggunakan ballas.

- Pengukuran yang diambil adalah pengaruh berat bandul yang berbentuk juring terhadap ballast agar kondisi ponton tetap stabil (tidak mengalami kemiringan secara berkala).

3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan pertama pada penelitian ini, pada studi literatur ini melakukan rangkuman mengenai teori-teori dasar sebagai acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan skripsi ini. Studi literatur ini diperoleh dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan pemodelan dengan skala 1 : 10, serta dari buku-buku, jurnal-jurnal penelitian yang berhubungan dengan penelitian ini. Hal yang terpenting yaitu studi literature mengenai gelombang laut dan bentuk dari ponton.

3.2 Pembuatan Objek

Pembuatan objek ini juga berdasarkan penelitian sebelumnya yang menggunakan pemodelan 1 : 10, tetapi dalam penelitian ini kan menggunakan bentuk bandul juring lingkaran dengan jumlah setiap bandul menggunakan 3 buah juring secara multilevel horizontal. Pembuatan bentuk juring lingkaran menggunakan software AutoCAD. Kemudian menggunakan bahan dari plat besi dengan ketebalan tertentu untuk mendapatkan variasi bandulan dan putaran yang akan diuji.

3.3 Uji PLTGL-SB tanpa Ballas

Uji PLTGL-SB tanpa ballas adalah menguji pendulum dengan variasi bentuk juring dengan sudut 30° , dengan ketebalan 1 mm, 2 mm, 3 mm yang akan dibandulkan atau di ayunkan dengan sudut ayunan masing-masing 5° , 15° , 30° , 45° , 60° .

- Spesifikasi Pengujian

Uji model pada tahap ini adalah :

1. Pembuatan Sistem ponton berupa deck ponton dengan skala 1 : 10 dari ukuran deck ponton sebenarnya.
2. Pembuatan system bandul dengan sudut 30° , dengan masing – masing memiliki ketebalan 1 mm, 2 mm, 3 mm.
3. Menguji dengan simulasi gerakan deck ponton untuk mencatat gerakan bandul akibat berubahannya, cara pengujian yaitu ponton dengan bandul plat multilevel horizontal akan diayunkan dengan sudut ponton awal masing-masing yaitu 5° , 15° , 30° , 45° , 60° . Percobaan tersebut menggunakan bandul plat multilevel horizontal dengan cara memasang 3 buah juring lingkaran dengan sudut 30° secara multilevel dan dipasang horizontal. Setiap percobaan akan menggunakan 3 buah juring lingkaran dengan tebal 1mm, kemudian setelah diayun dengan masing-masing sudut ayunan 5° , 15° , 30° , 45° , 60° , maka percobaan tersbut akan dilakukan kembali dengan mengganti juring

lingkaran dengan ketebalan 2mm dan dilanjutkan dengan menggunakan bandul juring 3mm dengan metode yang sama.

4. mengumpulkan dan pengolahan data dan selanjutnya membuat analisa gerakan bandul akibat perubahan.

3.4 Uji PLTGL-SB dengan Ballast

Pada pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil berapa daya yang dihasilkan dengan perbedaan kedalaman akibat pengaruh dari ballas. Pengujian tahap ini hampir sama dengan pengujian ponton tanpa ballas. Akan tetapi pada percobaan dengan ballas akan dilakukan dengan cara menambahkan sejumlah beban yang dimasukkan kedalam ponton sehingga ponton akan mengapung pada air. Untuk pengujian dengan ballas ditentukan dengan menggunakan kedalaman 12cm dan akan diulangi kembali dengan menambahkan beban pada ponton untuk mendapatkan kedalaman ponton masing-masing 15cm dan kemudian 17,5cm.

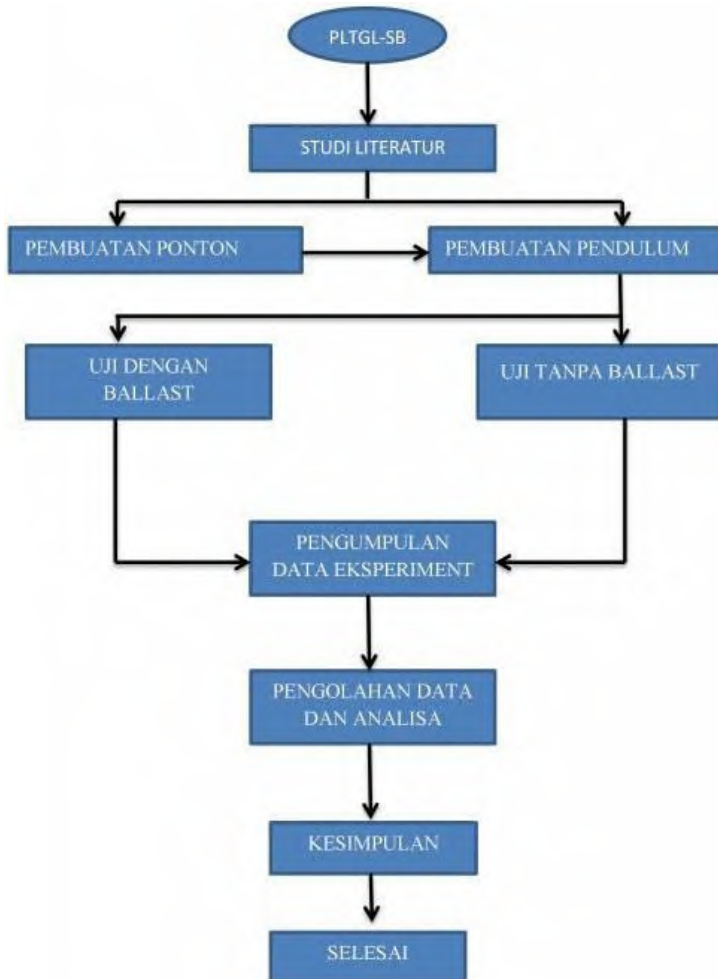
3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mencatat semua hasil dari percobaan dengan menggunakan bandul pada ponton, yaitu setiap percobaan yang dilakukan dengan menggunakan tebal plat 1mm, 2mm, 3mm dengan masing-masing dipasang 3 buah juring akan dicatat untuk mendapatkan nilai jumlah putaran serta waktu putaran pada bandul horizontal.

3.6 Pengolahan Data

Data yang terkumpul akan diolah dengan memasukkan data hasil praktikum dan teori menggunakan rumus secara teori dan secara praktikum sehingga akan ditemukan data yang dibutuhkan dalam skripsi ini.

3.7 Flow Chart Metodologi Penelitian



BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

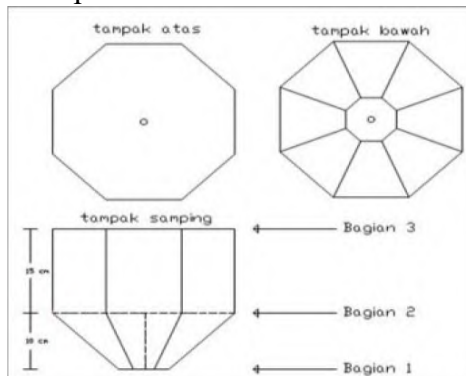
4.1 Umum

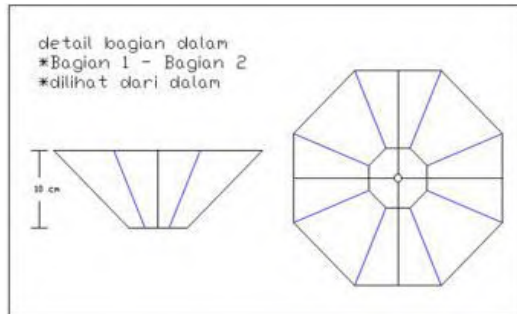
Pada bab ini akan menjelaskan langkah-langkah pengujian ponton yang akan dilaksanakan pada kondisi *on-shore* dan *off-shore*. Pada tugas akhir kali ini, pembuatan ponton berskala ini mengacu pada data dari tugas akhir sebelumnya. Termasuk ukuran, sudut kemiringan ponton yang membedakan penelitian ini ada pada bentuk bandul, yaitu juring lingkaran dengan sudut 30° dengan tebal setiap sudut 1 mm, 2 mm, 3 mm.

4.2 Dimensi Objek

Untuk pembuatan bentuk dari ponton ini mengacu pada tugas akhir sebelumnya. Pada tugas akhir sebelumnya didapatkan hasil dimensi ponton yang akan di uji sebagai berikut :

Pembuatan ponton :





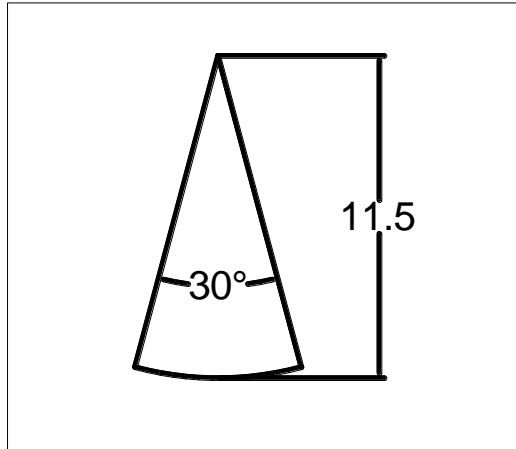
Gambar 4.1 Ponton Tampak atas dan tampak samping

Pembuatan pada model ini menggunakan mika *acrylic* dengan tebal 0.4 cm sebagai model yang akan diuji. Pembuatan ponton dengan menggunakan *acrylic* dilakukan pada bengkel *CNC* sesuai dengan gambar geometri. Bentuk serta ukuran benda uji ini nantinya juga akan disimulasikan dengan gerakan deck ponton untuk mencatat gerakan rotasi bandul akibat perubahan gerakannya.

4.3 PEMBUATAN BANDUL JURING

Pembuatan bandul juring harus berdasarkan sudut yang ada pada bandul, untuk sudut pada bandul juring menggunakan sudut 30° yang masing-masing sudut memiliki tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm. Masing-

masing dimensi bandul juring dibuat 3 buah. Variasi pada setiap ketebalan ini akan memunculkan daya yang berbeda pada setiap bandul. Berikut ini gambar rancangan pembuatan bandul juring lingkaran.



Gambar 4.2 bandul bentuk juring dengan sudut 30°

Variasi juring terlihat pada gambar 4.2 dimana masing- masing juring lingkaran akan memiliki tebal yang berbeda serta daya yang berbeda. Dalam hal ini pendulum dibuat dari material besi, maka berat pendulum juga diperhitungkan. Luasan pada juring ini akan mempengaruhi sudut yang ada pada juring. Berikut tabel pengukuran pendulum juring yang akan digunakan.

No	Bandul skala		
	sudut juring	Tebal (mm)	Luas Juring (mm ²)
1	30 °	1	346,054
2	30 °	2	346,054
3	30 °	3	346,054

Tabel 4.1 Variasi Bandul Juring pengujian ponton

4.4 Metode Uji Fisik

Perencanaan berupa metode pengujian fisik ini dilakukan agar penelitian menuju arah yang tepat. Parameter pengujian adalah sebagai berikut :

- **Pengujian On-shore**

Untuk mengetahui berapa putaran yang dapat dihasilkan bandul pada waktu tertentu dengan perubahan tebal yang ada pada bandul juring dengan menggunakan perubahan pada sudut ponton. Dibawah ini adalah pengujian yang dilakukan dengan kemiringan tertentu dengan menggunakan bandul juring dengan sudut tertentu. Percobaan ini dilakukan dengan merakit ponton yang didalamnya terdapat juring dengan sudut 30° serta ketebalan masing-masing juring 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Setiap juring dengan ketebalan tertentu diuji dengan ponton digoyang dengan sudut kemiringan juring 5 °, 15 °, 30 °, 45 °, 60 °, ketika ponton dimiringkan juring dengan bandul secara horizontal akan mengikuti sudut miring pada ponton. Untuk mengetahui sudut kemiringan maka pengujian ini menggunakan

busur derajat yang terletak pada penyangga dan pada bandul. Berikut adalah gambar pengujian *on shore*.



Gambar 4.3 gambar pada pengujian *on shore*

Dari percobaan tersebut didapatkan waktu dan jumlah putaran juring yang terjadi dengan kemiringan tertentu pada ponton. Berikut ini adalah tabel hasil percobaan pada ponton dengan menggunakan juring dengan sudut 30° dan dengan kemiringan tertentu pada ponton.

4.5 DATA HASIL PERCOBAAN

Hasil percobaan, On shore

Bandul 30°, 1mm, Uji On Shore

NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	0	0	0
3	30°	4,61	2	1
4	45°	7,52	2	2
5	60°	9,55	3	2

Tabel 4.2 Tabel hasil percobaan dengan tebal juring 1mm

Bandul 30°, 2mm, Uji On Shore

NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	0	0	0
3	30°	4,77	2	2
4	45°	8,14	3	3
5	60°	11,24	4	4

Tabel 4.3 Tabel hasil percobaan dengan tebal juring 2mm

Bandul 30°, 3mm, Uji On Shore

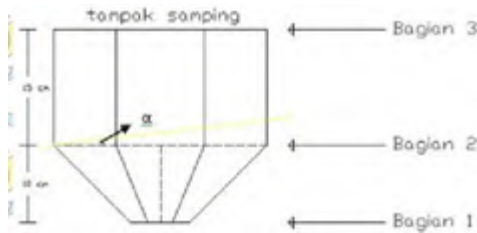
NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	0	0	0
3	30°	5,33	3	2
4	45°	9,53	4	3
5	60°	12,43	5	4

Tabel 4.4 Tabel hasil percobaan dengan tebal juring 3mm

Dari data hasil percobaan ini , kemudian nilai yang didapatkan akan dimasukan dalam perhitungan untuk mengetahui berapa daya yang dihasilkan oleh setiap juring yang ada pada percobaan ini. Sudut juring (α), waktu (W) dalam detik, jumlah putaran (P).

- **Pengujian Off-shore**

Pengujian diair dengan menggunakan ballas, dilakukan untuk mengetahui berapa daya yang dihasilkan ketika ponton dengan bandul juring diujikan diair, yang hasilnya akan diketahui perbedaan daya antara *on-shore* dan *off-shore*. Pengujian ini menggunakan 3 ballas , pertama ballas dengan kedalam 12 cm, yang kedua dengan kedalam 15 cm, yang ketiga dengan kedalam 17.5 cm yang semuanya diukur dari bagian 1. Mengenai bagian pada ponton akan ditunjukkan pada gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Bagian- bagian Ponton dengan tolak ukur yang akan diuji.

Pengujian pada system ballast ini hampir sama dengan pengujian *on-shore* hanya berbeda pada tempat pengujianya.

Hasil percobaan, off shore

Ponton dimasukan ballast tetap sampai kedalaman 12 cm, 15 cm dan 17.5 cm, kemudian dikasih bandul dengan sudut juring 30° dan ketebalan mulai dari 1 mm , 2 mm, 3 mm, dan ponton akan dimiringkan dengan sudut kemiringan $5^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$. dari situ akan diketahui nilai dari jumlah putaran dan waktu, maka selanjutnya akan ketemu daya yang dihasilkan. Berikut ini adalah tabel hasil dengan tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm dengan menggunakan ballas kedalaman 12 cm.

Bandul 30°, 1mm, Uji Off Shore, ballast 12cm

NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	0	0	0
3	30°	4,11	1	1
4	45°	6,75	2	1
5	60°	8,33	2	2

Tabel 4.5 Tabel hasil percobaan ballas 12cm dengan tebal juring 1mm

Bandul 30°, 2mm, Uji Off Shore, ballast 12cm

NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	0	0	0
3	30°	4,32	1	1
4	45°	7,12	2	1
5	60°	8,98	3	2

Tabel 4.6 Tabel hasil percobaan ballas 12cm dengan tebal juring 2mm

Bandul 30°, 3mm, Uji Off Shore, ballast 12cm

NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	0	0	0
3	30°	4,87	1	1
4	45°	6,83	2	3
5	60°	9,53	3	4

Tabel 4.7 Tabel hasil percobaan ballas 12cm dengan tebal juring 3mm

Pada pegujian *off-shore* ini akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui daya yang dihasilkan pada setiap juring dan ketebalan tertentu. Berikut adalah tabel hasil percobaan dengan juring 30 ° dengan tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm dengan kedalaman 15 cm. Sudut juring (α), waktu (W) dalam detik, jumlah putaran (P).

Bandul 30°, 1mm, Uji Off Shore, ballast 15cm

NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	2,02	1	0
3	30°	4,24	2	1
4	45°	6,86	3	2
5	60°	8,76	3	3

Tabel 4.8 Tabel hasil percobaan ballas 15cm dengan tebal juring 1mm

Bandul 30°, 2mm, Uji Off Shore, ballast 15cm

NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	1,56	1	0
3	30°	4,56	2	1
4	45°	7,08	3	3
5	60°	9,25	3	4

Tabel 4.9 Tabel hasil percobaan ballas 15cm dengan tebal juring 2mm

Bandul 30°, 3mm, Uji Off Shore, ballast 15cm

NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	2,45	1	0
3	30°	4,74	1	2
4	45°	7,69	3	3
5	60°	9,85	4	4

Tabel 4.10 Tabel hasil percobaan ballas 15cm dengan tebal juring 3mm

Pada pegujian off-shore ini akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui daya yang dihasilkan pada setiap juring dan ketebalan tertentu. Berikut adalah tabel hasil

percobaan dengan juring 30° dengan tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm dengan kedalaman 17.5 cm. Sudut juring (α), waktu (W) dalam detik, jumlah putaran (P).

Bandul 30°, 1mm, Uji Off Shore, ballast 17,5cm

NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	2,02	1	0
3	30°	3,32	1	1
4	45°	6,03	2	1
5	60°	7,98	2	2

Tabel 4.11 Tabel hasil percobaan ballas 17,5cm dengan tebal juring 1mm

Bandul 30°, 2mm, Uji Off Shore, ballast 17,5cm

NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	2,32	1	0
3	30°	3,54	2	1
4	45°	6,63	2	2
5	60°	8,06	3	2

Tabel 4.12 Tabel hasil percobaan ballas 17,5cm dengan tebal juring 2mm

Bandul 30° , 3mm, Uji Off Shore, ballast 17,5cm

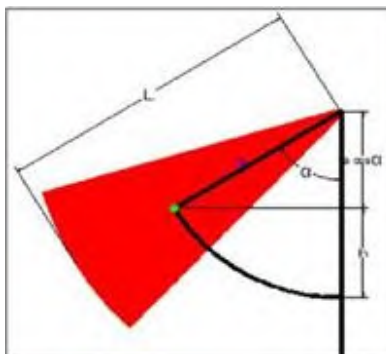
NO	SUDUT BANDULAN	WAKTU	JUMLAH PUTARAN	
			SEARAH JARUM JAM	BERLAWANAN JARUM JAM
1	5°	0	0	0
2	15°	2,56	1	0
3	30°	3,59	2	1
4	45°	6,95	2	2
5	60°	9,35	3	4

Tabel 4.13 Tabel hasil percobaan ballas 17,5cm dengan tebal juring 3mm

4.6 Pengolahan Data On shore

- **Pengolahan data pengujian secara teori**

Setelah didapatkan data dari pecobaan, maka untuk memperoleh daya yang dihaikan perlu dilakukan pengolahan data atau perhitungan data berdasarkan tabel hasil percobaan. Berikut adalah contoh perhitungan untuk mengetahui daya pada juring dengan sudut 30° dengan tebal 1 mm dengan kemiringan juring 60° .



Gambar 4.5 skema juring

Pada perhitungan ini diketahui :

Tinggi Juring (L) = 11.5 cm = 0.115 m

Panjang Titik berat (a) = 7.246 cm = 0.07246 m

Sudut kemiringan juring (α) = 60 °

Massa jenis besi (ρ) = 7800 kg/m³

tebal plat = 1mm = 0.001 m

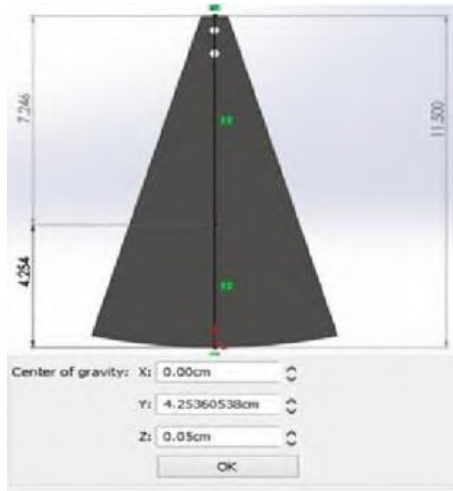
mencari berat juring pada juring sudut 30 ° dengan tebal 1 mm dengan kemiringan 60 °.

Luas Juring = $30^\circ/360^\circ \times \text{Luas Lingkaran}$
= $30^\circ/360^\circ \times 3.14 \times 0.115 \times 0.115$
= 0.00346 m²

Volume = Luas Juring x Tebal Plat
= 0.00346 m² x 0.001 m
= 0.00000346 m³

Massa Juring = $\rho \times \text{Volume}$
= 7800 kg/m³ x 0.00000346 m³
= 0.027161 kg
= 27.161 g

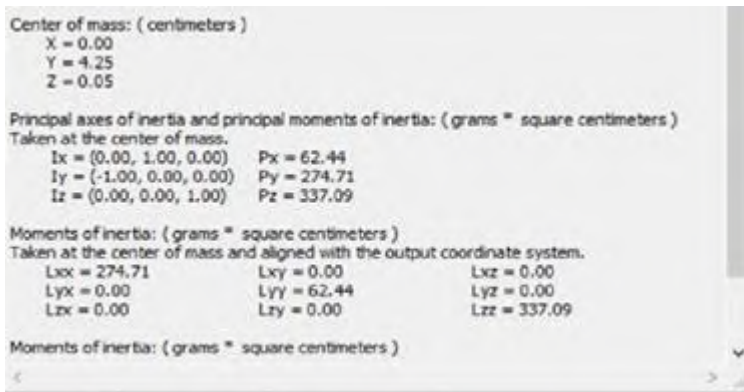
Selanjutnya, mencari torsi dan daya Sebelum mencari nilai h , untuk mengetahui a (panjang titik berat) menggunakan software SolidWork.



Gambar 4.6 gambar penentuan titik berat

$$\begin{aligned} \text{Mencari nilai } h &= a - a \cos \alpha \\ &= 0.07246 - 0.07246 \cos 60 \\ &= 0.036 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk mencari omega ω (ω) = $\sqrt{\frac{2mgh}{I}}$ maka perlu nilai momen inersia (I) pada bandul juring. nilai dari momen inersia (I) maka menggunakan software SolidWork, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.



Gambar 4.7 gambar penentuan momen inersia

Pada hasil yang ada di Solidwork maka didapatkan nilai momen inersia sebesar $274.71 \text{ gcm}^2 = 0.027471 \text{ gm}^2$. Selanjutnya untuk mengetahui nilai torsi dan daya, perlu mengetahui hasil omega (ω).

Nilai omega (ω) dihitung dengan rumus omega (ω) = $\sqrt{\frac{2mgh}{I}}$

Massa juring (m) = 27.161 g

Percepatan gravitasi (g) = 9.8 m/s²

h (a - a cos α) = 0.036 m

Momen Inersia (I) = 0,027471 gm²

$$\begin{aligned} \text{Maka } \omega &= \sqrt{\frac{2mgh}{I}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 27.161 \times 9.8 \times 0.036}{0.027471}} = 26,41 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi (T)} &= mg \sin 60 a \\ &= 27,161 \times 9,8 \times \sin 60 \times 0,07246 \\ &= 27,161 \times 9,8 \times 0,866 \times 0,07246 \\ &= 16,7 \text{ gm}^2/\text{s}^2 \\ &= 16,7 \times 10^{-3} \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Daya} &= T \times \omega \\
&= 16,7 \times 10^{-3} \times 26,41 \\
&= 0,441 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

Maka didapatkan hasil daya dengan menggunakan teori sebesar 0.441 Watt

- **Pengolahan data praktikum pada pengujian *On shore***
Selanjutnya menghitung daya dengan hasil praktikum, untuk bandul dengan juring 30° dengan ketebalan 1 mm dan sudut kemiringan 60° didapatkan jumlah putaran searah jarum jam 3 kali dan berlawanan arah jarum jam 2 kali dengan jumlah total 5 putaran dan waktu 9,55 s. Maka dengan hasil percobaan ini didapatkan hasil omega (ω) yaitu jumlah putaran/ waktu.

$$\begin{aligned}
\text{omega } (\omega) &= \Sigma \text{putaran} / \text{waktu} \dots \dots \dots (15) \\
&= 5/9,55 \\
&= 0,5234 \text{ rad/s}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Torsi (T)} &= mg \sin 60^\circ a \\
&= 27,161 \times 9,8 \times \sin 60^\circ \times 0,0726 \\
&= 27,161 \times 9,8 \times 0,866 \times 0,0726 \\
&= 16,7 \text{ gm}^2/\text{s}^2 \\
&= 16,7 \times 10^{-3} \text{ Nm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Daya} &= T \times \omega \\
&= 16,7 \times 10^{-3} \times 0.5234 \\
&= 8,74 \times 10^{-3} \text{ Watt}
\end{aligned}$$

Didapatkan hasil daya dengan praktik sebesar $8,74 \times 10^{-3}$ Watt. Perhitungan untuk bandul akan ditunjukkan pada tabel perhitungan, sesuai dengan rumus yang ada diatas untuk perhitungan dengan teori dan perhitungan dengan praktik.

Sesuai dengan perhitungan sebelumnya maka didapatkan tabel sebelum perhitungan daya yaitu tabel untuk mengetahui nilai massa, volume, inersia dan h. tabel ini selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan omega, torsi dan daya.

Sudut Juring	Tebal	Massa (Kg)	Vol (m ³)	I(Kgm ²)	h (m)				
					5	15	30	45	60
30°	1	0,027	0,0000034	0,000034	0.000290	0.002534	0.0097016	0.021213	0.0362
	2	0,054	0,0000069	0,000067					
	3	0,081	0,0000104	0,000101					

Tabel 4.14 Tabel massa, volume inersia, dan h

Setelah tabel diatas selanjutkan menghitung nilai Omega, Torsi, Daya sesuai dengan rumus teori dan rumus praktikum. Hasilnya akan dibuat perbandingan sesuai tabel dibawah ini.

Tabel 4.15 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 1 mm

Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	2.313	0	0.002	0.002	0.004	0
15	6.920	0	0.005	0.005	0.035	0
30	13.717	0.651	0.010	0.010	0.132	0.006
45	20.280	0.532	0.014	0.014	0.277	0.007
60	26.496	0.524	0.017	0.017	0.443	0.009

Tabel 4.16 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 2 mm

Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	3.271	0	0.003	0.003	0.011	0
15	9.786	0	0.010	0.010	0.098	0
30	19.399	0.839	0.019	0.019	0.374	0.016
45	28.680	0.737	0.027	0.027	0.782	0.020
60	37.472	0.712	0.033	0.033	1.252	0.024

Tabel 4.17 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 3 mm

Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	4.006	0	0.005	0.005	0.020	0
15	11.985	0	0.015	0.015	0.179	0
30	23.758	0.938	0.029	0.029	0.687	0.027
45	35.125	0.735	0.041	0.041	1.437	0.030
60	45.893	0.724	0.050	0.050	2.300	0.036

Dari nilai yang ada pada tabel akan dianalisa untuk mengetahui daya yang paling besar dan paling efisien dengan menggunakan grafik.

4.7 Analisa Data pengujian On Shore

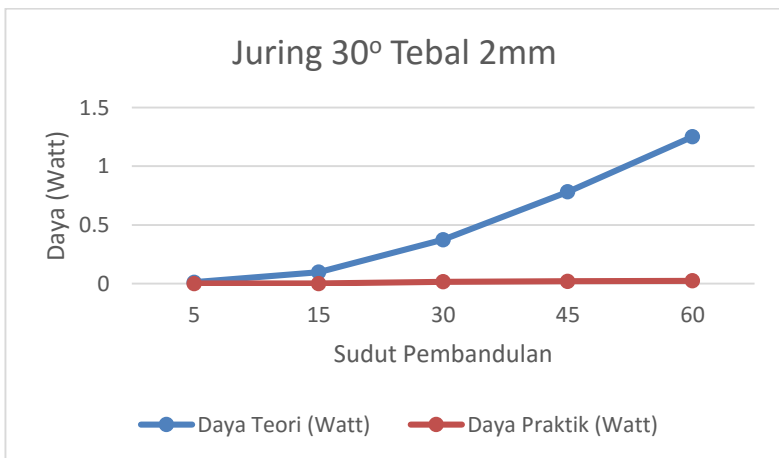
Analisa dilakukan untuk mengambil kesimpulan pada kegiatan pengujian fisik dimana didalamnya akan menyampaikan tentang parameter apa saja yang mempengaruhi pelaksanaan dan pembuatn serta pengujian pada PLTGL-SB.

4.7.1 Pengujian On Shore

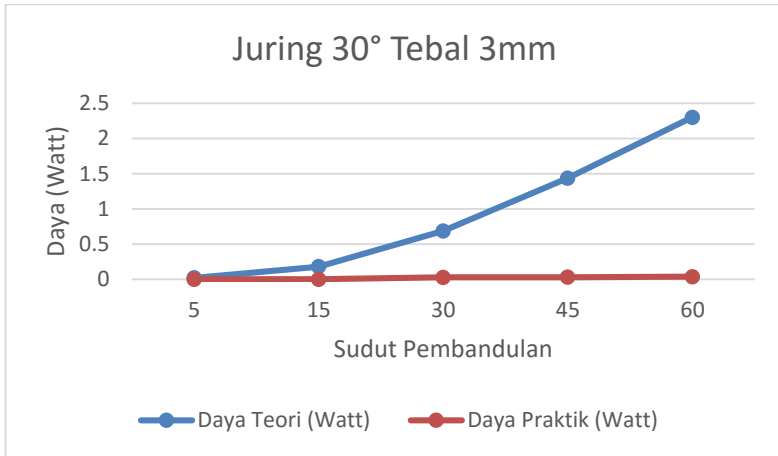
Pada perhitungan secara teori dan secara praktikum menghasilkan grafik yang hampir sama, dimana semakin besar sudut kemiringan, daya yang dihasilkan semakin besar. Begitupun yang terjadi pada setiap juring yang memiliki ketebalan tertentu, bentuk grafik yang didapatkan relatif sama, maka pada grafik teori dan praktikum sebagai contoh ada pada grafik dibawah ini, pada sudut juring 30° dengan ketebalan 1 mm. Dari grafik dapat dilihat bahwa ada perbedaan daya yang dihasilkan antara teori dengan praktikum. Semakin besar sudut kemiringan, daya yang dihasilkan semakin besar. Pada teori yang mempengaruhi nilai daya yang dihasilkan adalah h , yang mempengaruhi nilai pada omega (ω) sehingga menghasilkan daya yang berbeda. Omega (ω) dipengaruhi oleh nilai momen inersia (I) dan nilai h , Semakin besar nilai h , maka menyebabkan daya yang dihasilkan semakin besar pula. Sedangkan pada praktikum yang mempengaruhi daya yang dihasilkan adalah omega (ω) yang didapat dari perbandingan jumlah putaran dengan waktu, oleh karena itu semakin besar sudut kemiringan maka jumlah putaran semakin besar. Semakin besar nilai omega (ω) maka daya yang dihasilkan semakin besar pula.



Grafik 4.1 perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 1 mm



Grafik 4.2 perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 2 mm



Grafik 4.3 perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 2 mm

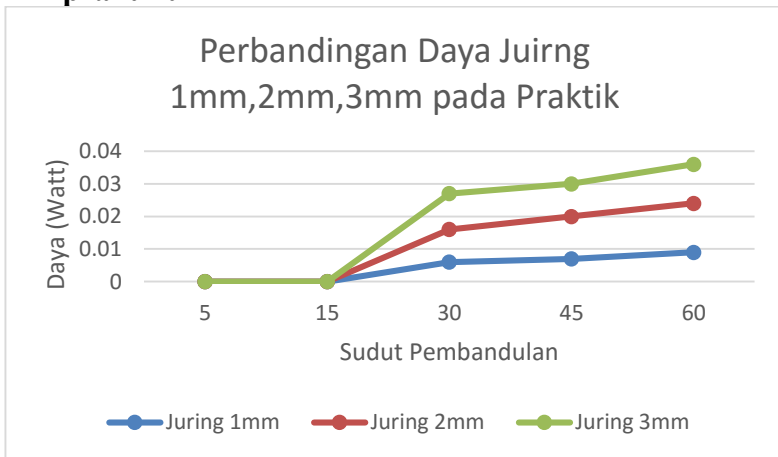
Pada grafik juring 30°tebal 1 mm secara teori, daya yang dihasilkan secara berurut pada sudut 5° yaitu 0.004 watt, sedangkan pada perhitungan praktikum menghasilkan daya 0 watt, karena jumlah putaran dan waktu yang dihasilkan juga nol (0). Kemudian pada grafik 30° tebal 2 mm secara teori daya yang dihasilkan pada sudut 5° secara berurutan 0.011 watt, daya yang dihasilkan secara praktikum juga nol (0). Pada grafik 30° tebal 3 mm secara teori daya yang dihasilkan pada sudut 5 ° secara berurutan 0.020 watt daya yang dihasilkan secara praktikum 0 watt. Pada sudut kemiringan 15°, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring 30° tebal 1 mm dengan perhitungan secara teori, 0.035 watt, daya yang dihasilkan secara praktikum 0 watt. Pada sudut kemiringan 15 °, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring 30 ° tebal 2 mm dengan perhitungan secara teori 0.098 watt secara praktikum daya yang dihasilkan 0 watt. Pada sudut kemiringan 15°, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring

30 ° tebal 3 mm dengan perhitungan secara teori 0.179 watt, secara praktikum daya yang dihasilkan 0 watt. Pada sudut kemiringan 30 °, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring 30 ° tebal 1 mm dengan perhitungan secara teori 0.132 watt, watt secara praktikum daya yang dihasilkan 0.006 watt. Pada sudut kemiringan 30°, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring 30° tebal 2 mm dengan perhitungan secara teori 0.374 watt, secara praktikum daya yang dihasilkan 0.016 watt. Pada sudut kemiringan 30°, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring 30° tebal 3 mm dengan perhitungan secara teori 0.687 watt, secara praktikum daya yang dihasilkan 0.027 watt. Pada sudut kemiringan 45°, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring 30 ° tebal 1 mm dengan perhitungan secara teori 0.277 watt, secara praktikum daya yang dihasilkan 0.007 watt. Pada sudut kemiringan 45 °, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring 30 ° tebal 2 mm dengan perhitungan secara teori 0.782 watt, secara praktikum daya yang dihasilkan 0.020 watt. Pada sudut kemiringan 45°, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring 30° tebal 3 mm dengan perhitungan secara teori 1.437 watt, secara praktikum daya yang dihasilkan 0.030 watt. Pada sudut kemiringan 60 °, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring 30 ° tebal 1 mm dengan perhitungan secara teori 0.443 watt, secara praktikum daya yang dihasilkan 0.009 watt. Pada sudut kemiringan 60 °, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring 30 ° tebal 2 mm dengan perhitungan secara teori 1.252 watt, secara praktikum daya yang dihasilkan 0.024 watt,. Pada sudut kemiringan 60 °, dapat diketahui nilai daya pada sudut juring 30 ° tebal 3 mm dengan perhitungan secara teori 2.3 watt, secara praktikum daya yang dihasilkan 0.036 watt.

Kwalitas bearing sangat berpengaruh, benda yang akan diuji kurang pelumas atau sudah berkarat sehingga menyebabkan gesekan semakin besar dan mempengaruhi gaya yang bekerja. Kurangnya ketelitian pengamat dalam melakukan percobaan, kesalahan dalam pemasangan alat

misalnya sudut pada juring tidak lurus, kurangnya kecermatan dan kepresisi alat yang menyebabkan kurang akuratnya data yang didapat pada praktikum.

4.7.2 Pembahasan perbandingan tebal plat 1 mm, 2 mm, 3 mm pada juring sudut 30 °, pada pengujian praktikum

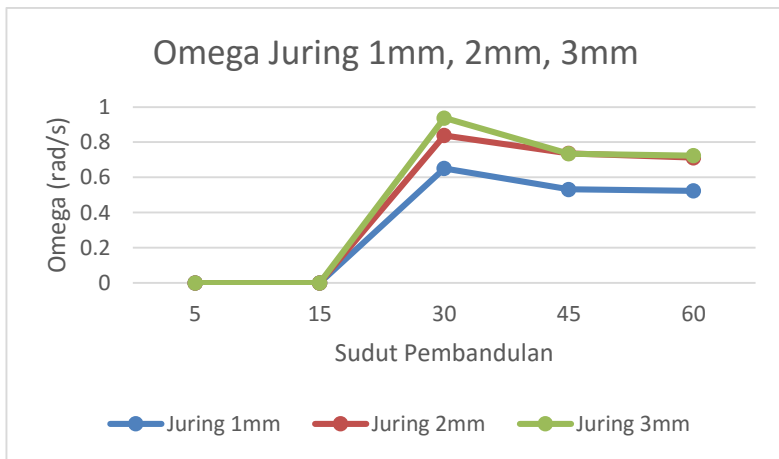


Grafik.4.4 perbanding daya pada juring 30 ° dengan tebal plat yang berbeda

Grafik diatas menunjukkan semakin besar ketebalan plat menghasilkan daya yang semakin besar pada juring dengan sudut yang sama. Grafik diatas juga menunjukkan bahwa, semakin besar sudut kemiringan maka semakin besar juga daya yang dihasilkan. Daya terbesar yang dihasilkan oleh pendulum dengan tebal 3mm pada sudut kemiringan 30 °, pada sudut kemiringan 5 ° daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 15° daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 30 ° daya yang dihasilkan 0.027 watt, pada sudut kemiringan 45° daya yang dihasilkan 0.030 watt, pada sudut kemiringan 60°, daya yang dihasilkan 0.038 watt.

Pada grafik diatas menunjukan nilai pada daya yang dihasilkan pada setiap ketebalan, ketebalan yang lebih tebal akan menghasilkan daya yang relative lebih besar. Karena massa pada setia juring akan berbeda dan hal inilah yang menyebabkan nilai daya juga berbeda. Semakin besar massa suatu benda maka nilai torsi juring akan semakin besar.

4.7.3 Pembahasan perbandingan nilai Omega (rad/s) pada juring 30°, tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm.



Grafik.4.5 perbandingan omega pada juring 30° dengan tebal plat yang berbeda

Pada praktikum ini juring dengan tabal 3 mm, sudut kemiringan 30°, memiliki nilai omega yang paling besar yaitu 0.938 rad/s dimana jumlah putaran 5 kali waktu yang dibutuhkan 5.33 s.

Pada grafik diatas menunjukan bahwa omega yang dihasilkan tidak tergantung pada sudut kemiringan, hal ini dikarenakan pada percobaan semakin besar sudut kemiringan hal ini bisa mengakibatkan bandul yang bekerja semakin cepat berhenti

karena pengaruh gelombang.

4.8 Pengolahan Data *Off-shore* pada Ballas 12 cm

4.8.1 Pengolahan data praktikum pada pengujian *Off-shore* pada ballast 12 cm.

Dengan perhitungan pada rumus yang sama seperti pada pengujian on-shore, akan didapatkan daya pada pengujian off-shore. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa perbedaan pengujian on-shore dan *off-shore* terletak pada tempat pengujianya. Untuk pengujian On-shore tanpa air dan menggunakan penyangga, sedangkan pengujian *Off-shore* dilakukan dengan ballas di aquarium yang terdapat air untuk menguji. Pada pengujian untuk nilai (m) massa, (v) volume, titik h , (I) inersia sama dengan pengujian on- shore maka dengan rumus:

$$\begin{aligned}\omega (\omega) &= \Sigma \text{putaran} / \text{waktu} \\ \text{Torsi (T)} &= mg \sin 60^\circ a \\ \text{Daya} &= T \times \omega\end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai daya seperti yang ditunjukkan pada tabel pengujian berikut ini :

Tabel 4.18 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 1 mm pada ballas 12cm

Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	2.313	0	0.002	0.002	0.004	0
15	6.920	0	0.005	0.005	0.035	0
30	13.717	0.487	0.010	0.010	0.132	0.005
45	20.280	0.444	0.014	0.014	0.277	0.006
60	26.496	0.480	0.017	0.017	0.443	0.008

Tabel 4.19 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 2 mm pada ballas 12cm

Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	3.271	0	0.003	0.003	0.011	0
15	9.786	0	0.010	0.010	0.098	0
30	19.399	0.463	0.019	0.019	0.374	0.009
45	28.680	0.421	0.027	0.027	0.782	0.011
60	37.472	0.557	0.033	0.033	1.252	0.019

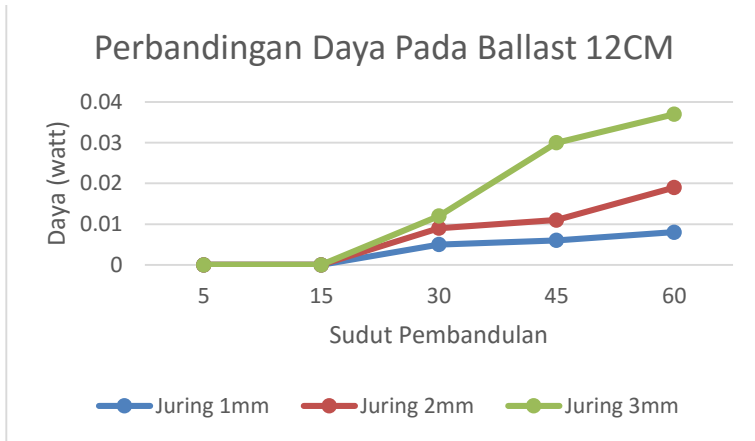
Tabel 4.20 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 3 mm pada ballas 12cm

Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	4.006	0	0.005	0.005	0.020	0
15	11.985	0	0.015	0.015	0.179	0
30	23.758	0.411	0.029	0.029	0.687	0.012
45	35.125	0.732	0.041	0.041	1.437	0.030
60	45.893	0.735	0.050	0.050	2.300	0.037

Data diatas menunjukkan nilai daya praktikum dan teori, tetapi dikarenakan data teori hasilnya sama dengan perhitungan sebelumnya maka perlu melakukan perhitungan praktikum dengan ballas tertentu, untuk mengetahui perbandingan setiap daya yang dihasilkan pada juring. Dari hasil data diatas akan diolah menjadi grafik yang selanjutnya akan dianalisa dan dibahas.

4.9 Analisa Data pengujian Off- Shore ballast 12 cm

4.9.1 Pembahasan perbandingan tebal plat 1 mm, 2 mm, 3 mm pada sudut 30°, pada Ballas 12 cm

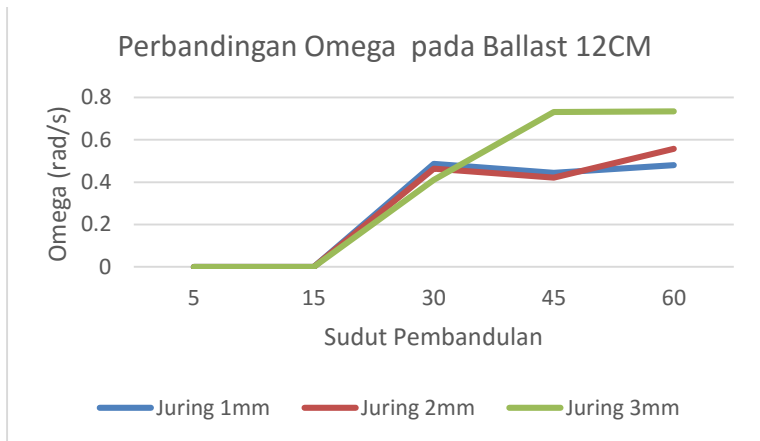


Grafik.4.6 perbandingan daya dengan ballas 12cm pada juring 30° dengan tebal plat yang berbeda.

Seperti pada pengujian *on-shore* nilai daya dipengaruhi oleh tebal plat, pada grafik diatas menunjukkan semakin besar ketebalan plat menghasilkan daya yang semakin besar. Ditunjukan pada grafik bahwa, semakin besar sudut kemiringan maka semakin besar juga daya yang dihasilkan. Pada tebal 1 mm, daya terbesar yang dihasilkan pada sudut kemiringan 30°, pada sudut kemiringan 5° daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 15° daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 30° daya yang dihasilkan 0.005 watt, pada sudut kemiringan 45° daya yang dihasilkan 0.006 watt, pada sudut kemiringan 60°, daya yang dihasilkan 0.008 watt. Kemudian pada tebal 2 mm, daya terbesar yang dihasilkan juga tetap pada sudut kemiringan 30°, pada sudut kemiringan 5°, daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 15° daya yang dihasilkan 0 watt, sudut kemiringan 30° daya yang dihasilkan 0.012 watt, sudut

kemiringan 45^0 daya yang dihasilkan 0.011 watt, sudut kemiringan 60^0 daya yang dihasilkan 0.019 watt. Pada ketebalan 3 mm, daya terbesar yang dihasilkan tetap pada sudut kemiringan 30^0 , pada sudut kemiringan 5^0 daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 15^0 daya ang dihasilkan 0 watt, pada sudut 30^0 daya yang dihasilkan 0.012 watt, pada sudut 45^0 daya yang dihasilkan 0.030 watt, pada sudut 60^0 daya yang dihasilkan 0.037 watt. Untuk daya terbesar yang dihasilkan pada juring 30^0 dengan proses *off-shore* menggunakan ballas 12 cm, dengan ketebalan 1 mm, 2 mm, 3 mm, daya terbesar dihasilkan pada juring yang memiliki ketebalan yang paling besar yaitu pada juring dengan ketebalan 3 mm, dengan sudut kemiringan 30^0 , daya yang dihasilkan 0.037 watt.

4.9.2 Pembahasan perbandingan nilai Omega (rad/s) pada juring 30^0 , tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm



Grafik.4.6 perbandingan omega dengan ballas 12cm pada juring 30^0 dengan tebal plat yang berbeda.

Pada praktikum yang hasilnya dapat dilihat dengan grafik diatas juring dengan sudut 30^0 dengan tebal 1 mm,

sudut kemiringan 30^0 , memiliki nilai omega yang paling besar yaitu 0.487 rad/s dimana jumlah putaran 2 kali waktu yang dibutuhkan 4.11 s. Dengan tebal 2 mm, sudut kemiringan 60^0 memiliki nilai omega yang paling besar yaitu 0.557 rad/s dimana jumlah putaran yang dihasilkan 5 kali dalam waktu 8.98 s. Pada juring dengan ketebalan 3 mm, memiliki nilai omega paling besar dengan sudut kemiringan 60^0 , memiliki nilai omega 0.735 rad/s sebanyak 7 kali dengan waktu 9.53 s. Maka yang paling menghasilkan putaran dibanding dengan waktu yang terbesar adalah pada ballas 12 cm juring dengan sudut 30^0 , dengan sudut kemiringan 60^0 dengan tebal 3 mm jumlah putaran yang dihasilkan 7 kali dan waktu yang dibutuhkan 9.53 s, 0.735 rad/s.

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa omega yang dihasilkan tidak tergantung ketebalan dan sudut kemiringan, hal ini dikarenakan pada percobaan semakin besar sudut kemiringan hal ini bisa mengakibatkan bandul yang bekerja semakin cepat berhenti.

4.10 Pengolahan Data *Off-shore* pada Ballas 15 cm

4.10.1 Pengolahan data praktikum pada pengujian *Off-shore* pada ballast 15 cm.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa perbedaan pengujian on-shore dan *off-shore* terletak pada tempat pengujianya. Untuk pengujian On-shore tanpa air dan menggunakan penyangga, sedangkan pengujian *Off-shore* dilakukan di aquarium yang terdapat air untuk menguji. Pada pengujian untuk nilai (m) massa, (v) volume, titik h, (I) inersia sama dengan pengujian on- shore maka dengan rumus

$$\begin{aligned} \text{omega (} \omega \text{)} &= \Sigma \text{putaran / waktu} \\ \text{Torsi (T)} &= mg \sin 60^\circ a \\ \text{Daya} &= T \times \omega \end{aligned}$$

Dari perhitungan praktikum secara *off-shore* dengan menggunakan ballas 15 cm, maka akan didapatkan nilai daya seperti yang ditunjukkan pada tabel pengujian berikut ini :

Tabel 4.21 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 1 mm pada ballas 15cm

Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	2.313	0	0.002	0.002	0.004	0
15	6.920	0.495	0.005	0.005	0.035	0.002
30	13.717	0.708	0.010	0.010	0.132	0.007
45	20.280	0.729	0.014	0.014	0.277	0.010
60	26.496	0.685	0.017	0.017	0.443	0.011

Tabel 4.22 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 2 mm pada ballas 15cm

Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	3.271	0	0.003	0.003	0.011	0
15	9.786	0.641	0.010	0.010	0.098	0.006
30	19.399	0.658	0.019	0.019	0.374	0.013
45	28.680	0.847	0.027	0.027	0.782	0.023
60	37.472	0.757	0.033	0.033	1.252	0.025

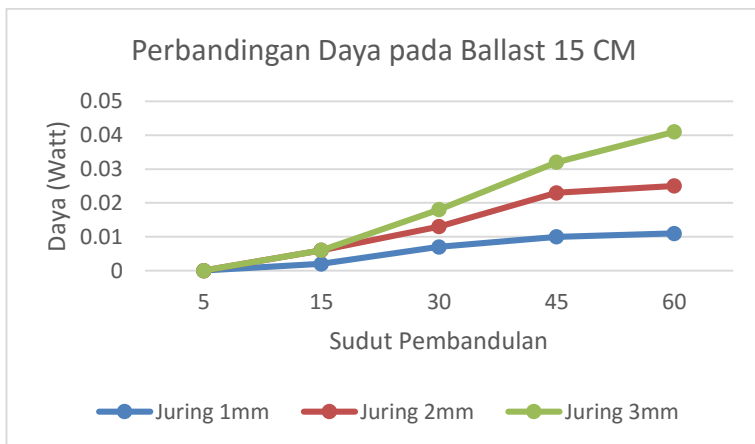
Tabel 4.23 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 3 mm pada ballas 15cm

Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	4.006	0	0.005	0.005	0.020	0
15	11.985	0.408	0.015	0.015	0.179	0.006
30	23.758	0.633	0.029	0.029	0.687	0.018
45	35.125	0.780	0.041	0.041	1.437	0.032
60	45.893	0.812	0.050	0.050	2.300	0.041

Dari hasil data diatas akan diolah menjadi grafik yang selanjutnya akan dianalisa dan dibahas, berdasarkan sudut juring ketebalan tertentu, dan berapa daya pada perbandingan juring dengan ketebalan yang berbeda.

4.11 Analisa Data pengujian *Off- Shore* ballast 15 cm

4.11.1 Pembahasan perbandingan tebal plat 1 mm, 2 mm, 3 mm pada sudut 30 ° pada ballas 15 cm

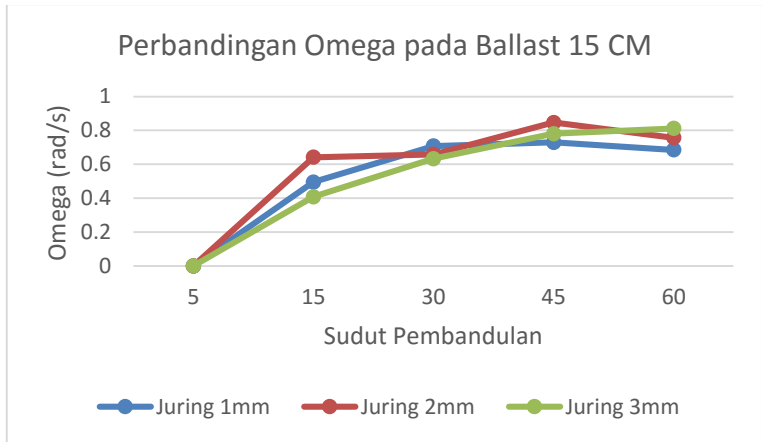


Grafik.4.7 perbandingan nilai daya dengan ballas 15cm pada juring 30° tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm

Seperti pada pengujian *on-shore* dan *off-shore* dengan ballas, pada grafik nilai daya dipengaruhi oleh tebal plat, semakin besar ketebalan plat menghasilkan daya yang semakin besar pada juring dengan sudut yang sama. Semakin besar sudut kemiringan maka semakin besar juga daya yang dihasilkan. Pada tebal 1 mm, daya terbesar yang dihasilkan pada sudut kemiringan 60° , pada sudut kemiringan 5° daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 15° daya yang dihasilkan 0.002 watt, pada sudut kemiringan 30° daya yang dihasilkan 0.007 watt, pada sudut kemiringan 45° daya yang dihasilkan 0.010 watt, pada sudut kemiringan 60° , daya yang dihasilkan 0.011 watt. Kemudian pada tebal 2 mm, daya terbesar yang dihasilkan juga tetap pada sudut kemiringan 60° , pada sudut kemiringan 5° , daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 15° daya yang dihasilkan 0.006 watt, sudut kemiringan 30° daya yang dihasilkan 0.013 watt, sudut kemiringan 45° daya yang dihasilkan 0.023 watt, sudut kemiringan 60° daya yang dihasilkan 0.025 watt. Pada ketebalan 3 mm, daya terbesar yang dihasilkan tetap pada sudut kemiringan 60° , pada sudut kemiringan 5° daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 15° daya yang dihasilkan 0.006 watt, pada sudut 30° daya yang dihasilkan 0.018 watt, pada sudut 45° daya yang dihasilkan 0.032 watt, pada sudut 60° daya yang dihasilkan 0.041 watt. Daya terbesar yang dihasilkan pada juring 30° dengan proses *off-shore* menggunakan ballas 15 cm, dengan ketebalan 1 mm, 2 mm, 3 mm, daya terbesar dihasilkan pada juring yang memiliki ketebalan yang paling besar dan sudut kemiringan paling besar yaitu pada juring dengan ketebalan 3 mm, dengan sudut kemiringan 60° , daya yang dihasilkan 0.041 watt.

Pada grafik diatas menunjukkan ketebalan yang lebih tebal akan menghasilkan daya yang relative lebih besar. Karena massa pada setiap juring berbeda dan hal inilah yang menyebabkan nilai daya juga berbeda. Semakin besar massa suatu benda maka nilai torsi juring akan semakin besar.

4.11.2 Pembahasan perbandingan nilai Omega (rad/s) pada juring 30°, tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm, ballas 15 cm.



Grafik.4.8 perbandingan nilai omega pada ballas 15cm pada juring 30° tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm.

Pada praktikum yang hasilnya dapat dilihat dengan grafik diatas juring dengan sudut 30° dengan tabal 1 mm, sudut kemiringan 45°, memiliki nilai omega yang paling besar yaitu 0.729 rad/s dimana jumlah putaran 5 kali waktu yang dibutuhkan 6.86 s. Dengan tebal 2 mm, sudut kemiringan 45° memiliki nilai omega yang paling besar yaitu 0.847 rad/s dimana jumlah putaran yang dihasilkan 6 kali dalam waktu 7.08 s. Pada juring dengan ketebalan 3 mm, memiliki nilai omega paling besar dengan sudut kemiringan 60°, memiliki nilai omega 0.812 rad/s sebanyak 8 kali dengan waktu 9.85 s. Maka yang paling menghasilkan putaran dibanding dengan waktu yang terbesar adalah pada ballas 15 cm juring dengan sudut 30°, dengan sudut kemiringan 45° dengan tebal 2 mm jumlah putaran yang dihasilkan 6 kali dan waktu yang dibutuhkan 7.08 s, 0.847 rad/s.

Pada grafik diatas menunjukan bahwa omega yang dihasilkan tidak tergantung ketebalan dan sudut kemiringan, hal ini dikarenakan pada percobaan semakin besar sudut kemiringan hal ini bisa mengakibatkan bandul yang bekerja semakin cepat berhenti. Ketika berada dalam sudut yang lebih besar gelombang yang lebih besar akan muncul dan akan langsung mengecil, berbeda dengan sudut sekitar 15^0 , 45^0 karena gelombang yang dihasilkan cenderung stabil. Pengukuran pada pengujian *off-shore* ini sangat dipengaruhi oleh gelombang, kerana diuji dengan menggunakan kolam, maka terkadang ada gelombang balik yang mengakibatkan bandul dapat berayun kembali.

4.12 Pengolahan Data *Off-shore* pada Ballas 17.5 cm

4.12.1 Pengolahan data praktikum pada pengujian *Off-shore* pada ballast 17.5 cm.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa perbedaan pengujian on-shore dan *off-shore* terletak pada tempat pengujianya. Untuk pengujian On-shore tanpa air dan menggunakan penyangga, sedangkan pengujian *Off-shore* dilakukan di aquarium yang terdapat air untuk menguji. Pada pengujian untuk nilai (m) massa, (v) volume, titik h, (I) inersia sama dengan pengujian on- shore maka dengan rumus

$$\begin{array}{ll} \text{omega (} \omega \text{)} & = \Sigma \text{putaran / waktu} \\ \text{Torsi (T)} & = mg \sin 60^\circ a \\ \text{Daya} & = T \times \omega \end{array}$$

Dari perhitungan praktikum secara *off-shore* dengan menggunakan ballas 15 cm, maka akan didapatkan nilai daya seperti yang ditunjukan pada tabel pengujian berikut ini

Tabel 4.24 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 1 mm pada ballas 17,5cm

Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	2.313	0	0.002	0.002	0.004	0
15	6.920	0	0.005	0.005	0.035	0
30	13.717	0.602	0.010	0.010	0.132	0.006
45	20.280	0.498	0.014	0.014	0.277	0.007
60	26.496	0.501	0.017	0.017	0.443	0.008

Tabel 4.25 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 2mm pada ballas 17,5cm

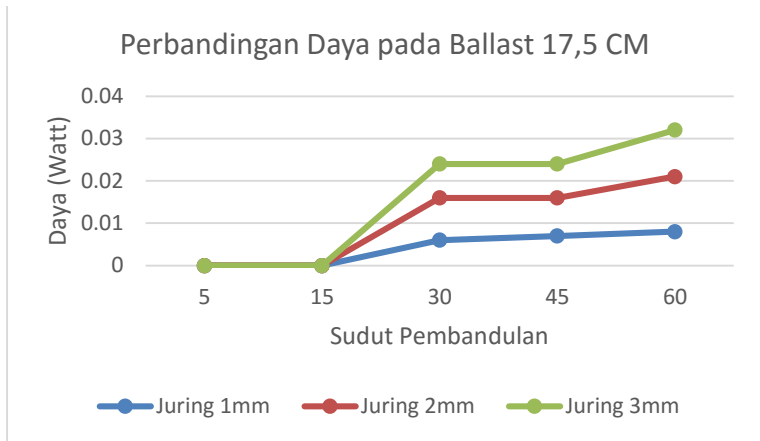
Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	3.271	0	0.003	0.003	0.011	0
15	9.786	0	0.010	0.010	0.098	0
30	19.399	0.847	0.019	0.019	0.374	0.016
45	28.680	0.603	0.027	0.027	0.782	0.016
60	37.472	0.620	0.033	0.033	1.252	0.021

Tabel 4.26 Tabel hasil perhitungan juring 30° tebal 3mm pada ballas 17,5cm

Sudut Bandul	ω Teori (rad/s)	ω Praktik (rad/s)	T Teori (Nm)	T Praktik (Nm)	Daya Teori (Watt)	Daya Praktik (Watt)
5	4.006	0	0.005	0.005	0.020	0
15	11.985	0	0.015	0.015	0.179	0
30	23.758	0.836	0.029	0.029	0.687	0.024
45	35.125	0.576	0.041	0.041	1.437	0.024
60	45.893	0.642	0.050	0.050	2.300	0.032

4.13 Analisa Data pengujian *Off- Shore* ballas 17.5 cm

4.13.1 Pembahasan perbandingan tebal plat 1 mm, 2 mm, 3 mm pada sudut 30 ° pada ballas 17.5 cm



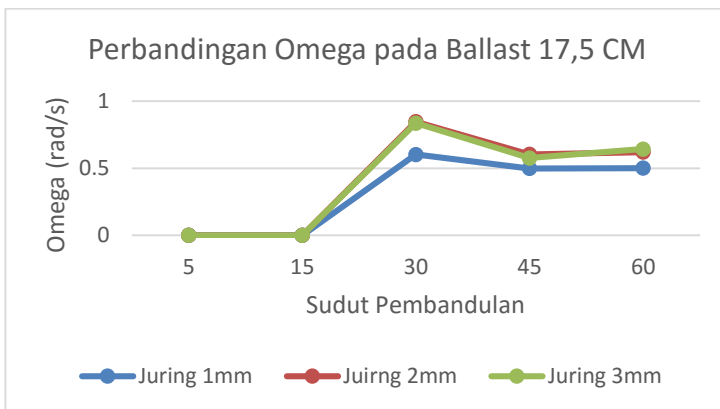
Grafik.4.9 perbandingan nilai daya pada ballas 17,5cm pada juring 30° tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm.

Grafik diatas menunjukkan nilai daya dipengaruhi oleh tebal plat, semakin besar ketebalan plat menghasilkan daya yang semakin besar pada juring dengan sudut yang sama. Serta semakin besar sudut kemiringan daya yang dihasilkan juga semakin besar. Pada tebal 1 mm, daya terbesar yang dihasilkan pada sudut kemiringan 60°, pada sudut kemiringan 5° daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 15° daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 30° daya yang dihasilkan 0.006 watt, pada sudut kemiringan 45° daya yang dihasilkan 0.007 watt, pada sudut kemiringan 60°, daya yang dihasilkan 0.008 watt. Kemudian pada tebal 2 mm, daya terbesar yang dihasilkan juga tetap pada sudut kemiringan 60°, pada sudut kemiringan 5°, daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 15° daya yang dihasilkan 0 watt, sudut kemiringan 30° daya yang dihasilkan 0.016 watt, sudut

kemiringan 45^0 daya yang dihasilkan 0.016 watt, sudut kemiringan 60^0 daya yang dihasilkan 0.021 watt. Pada ketebalan 3 mm, daya terbesar yang dihasilkan tetap pada sudut kemiringan 60^0 , pada sudut kemiringan 5^0 daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut kemiringan 15^0 daya yang dihasilkan 0 watt, pada sudut 30^0 daya yang dihasilkan 0.024 watt, pada sudut 45^0 daya yang dihasilkan 0.024 watt, pada sudut 60^0 daya yang dihasilkan 0.032 watt. Daya terbesar yang dihasilkan pada juring 30^0 dengan proses *off-shore* menggunakan ballas 17.5 cm, dengan ketebalan 1 mm, 2 mm, 3 mm, daya terbesar dihasilkan pada juring yang memiliki ketebalan yang paling besar dan sudut kemiringan paling besar yaitu pada juring dengan ketebalan 3 mm, dengan sudut kemiringan 60^0 , daya yang dihasilkan 0.032 watt.

Pada pengujian dengan menggunakan ballas 17.5 cm ini jumlah putaran relatif lebih sedikit bila dibandingkan dengan ballas 15 cm, karena semakin banyak ballas maka ponton akan semakin stabil.

4.13.2 Pembahasan perbandingan nilai Omega (rad/s) pada juring 30^0 , tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm, ballas 17.5 cm



Grafik.4.10 perbandingan nilai Omega pada ballas 17,5cm pada juring 30^0 tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm.

Pada grafik diatas, praktikum dengan sudut juring 30^0 dengan pada ketebalan 1 mm, sudut kemiringan 30^0 , memiliki nilai omega yang paling besar yaitu 0.602 rad/s dimana jumlah putaran 2 kali waktu yang dibutuhkan 3.32 s. Dengan tebal 2 mm, sudut kemiringan 30^0 memiliki nilai omega yang paling besar yaitu 0.847 rad/s dimana jumlah putaran yang dihasilkan 3 kali dalam waktu 3.54 s. Pada juring dengan ketebalan 3 mm, memiliki nilai omega paling besar dengan sudut kemiringan 30^0 , memiliki nilai omega 0.836 rad/s dengan putaran sebanyak 3 kali dengan waktu 3.59 s. Maka yang paling menghasilkan putaran dibanding dengan waktu yang terbesar adalah pada ballas 17.5 cm juring dengan sudut 30^0 , dengan sudut kemiringan 30^0 dengan tebal 2 mm jumlah putaran yang dihasilkan 3 kali dan waktu yang dibutuhkan 3.54 s, 0.847 rad/s.

Pengukuran pada pengujian *off-shore* ini sangat dipengaruhi oleh gelombang, kerana diuji dengan menggunakan kolam, maka terkadang ada gelombang balik yang mengakibatkan bandul dapat berayun kembali.

4.14 Hasil pembahasan pada pengujian *On-shore*

1. Pada pengujian *On- shore* juring sudut 30^0 , daya terbesar dihasilkan pada ketebalan 3 mm dengan sudut kemiringan 60^0 , daya yang dihasilkan 0.036 watt.
2. Nilai omega (rad/s) terbesar pada juring sudut 30^0 , dengan tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm. Nilai terbesar pada sudut kemiringan 30^0 , dengan tebal 3 mm, jumlah putaran yang dihasilkan 5 kali dengan waktu 5.33 s, nilai omega yang didapatkan 0.938 rad/s.

4.15 Hasil pembahasan *Off-shore* ballas 12 cm

1. Pengujian *Off-shore* dengan ballas 12 cm pada juring sudut 30^0 , daya terbesar dihasilkan pada ketebalan 3 mm dengan sudut kemiringan 60^0 , daya yang dihasilkan 0.037 watt.
2. Pengujian *Off- shore* dengan ballas 12 cm, nilai omega (rad/s) terbesar pada juring sudut 30^0 , dengan tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm. Nilai terbesar pada sudut kemiringan 60^0 , dengan tebal 3 mm, jumlah putaran yang dihasilkan 7 kali dengan waktu 9.53 s, nilai omega yang didapatkan 0.735 rad/s.

4.16 Hasil pembahasan *Off-shore* ballas 15 cm

1. Pengujian *Off- shore* dengan ballas 15 cm pada juring sudut 30^0 , daya terbesar dihasilkan pada ketebalan 3 mm dengan sudut kemiringan 60^0 , daya yang dihasilkan 0.041 watt.
2. Pengujian *Off- shore* dengan ballas 15 cm, nilai omega (rad/s) terbesar pada juring sudut 30^0 , dengan tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm. Nilai terbesar pada sudut kemiringan 45^0 , dengan tebal 2 mm, jumlah putaran yang dihasilkan 6 kali dengan waktu 7.08 s, nilai omega yang didapatkan 0.847 rad/s.

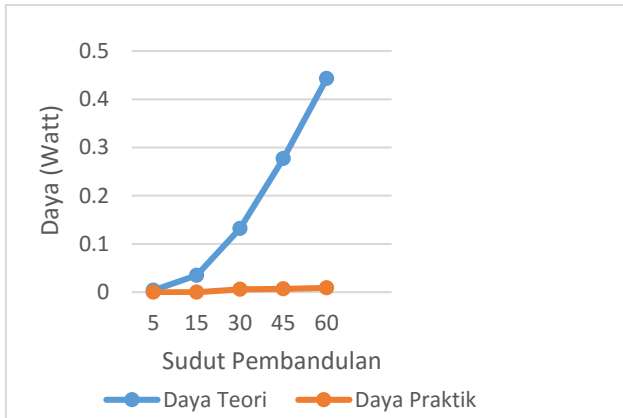
4.17 Hasil pembahasan *Off-shore* ballas 17.5 cm

1. Pengujian *Off-shore* dengan ballas 17.5 cm pada juring sudut 30^0 , daya terbesar dihasilkan pada ketebalan 3 mm dengan sudut kemiringan 60^0 , daya yang dihasilkan 0.032 watt.
2. Pengujian *Off-shore* dengan ballas 17.5 cm, nilai omega (rad/s) terbesar pada juring sudut 30^0 , dengan tebal 1 mm, 2 mm, 3 mm. Nilai terbesar pada sudut kemiringan 30^0 , dengan tebal 2 mm, jumlah putaran yang dihasilkan 3 kali dengan waktu 3.54 s, nilai omega yang didapatkan 0.847 rad/s.

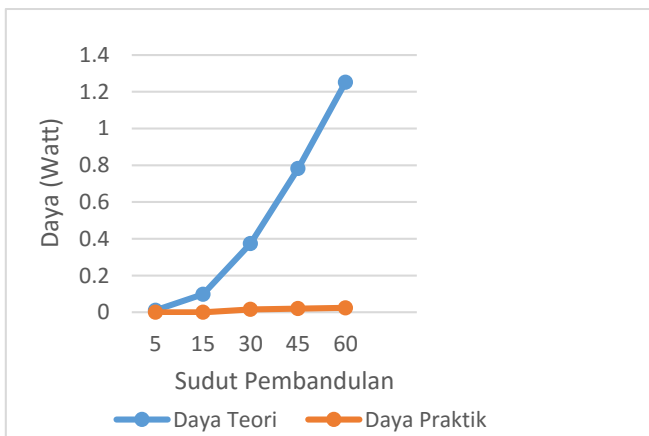
“Halaman sengaja dikosongkan”

GRAFIK PENGUJIAN ON SHORE TEORI

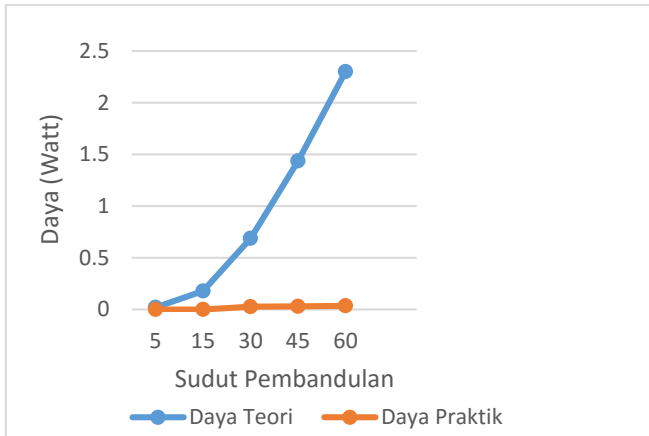
1. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 1 mm



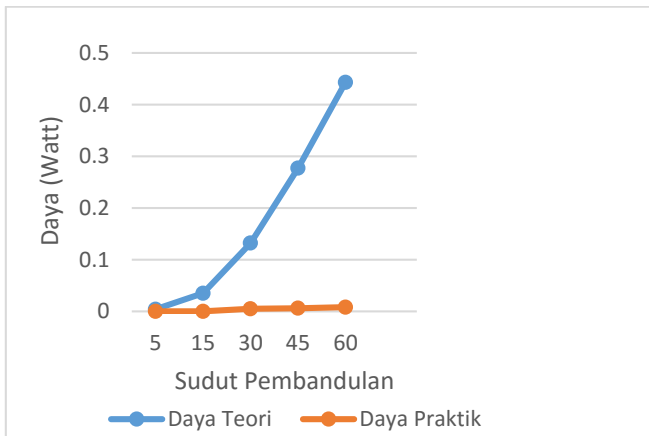
2. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 2 mm



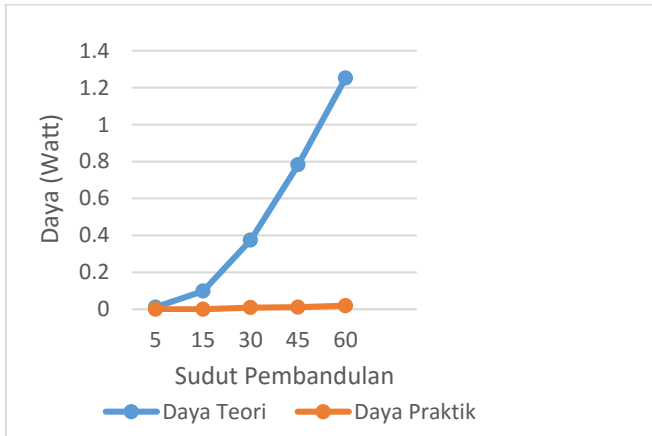
3. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 3 mm



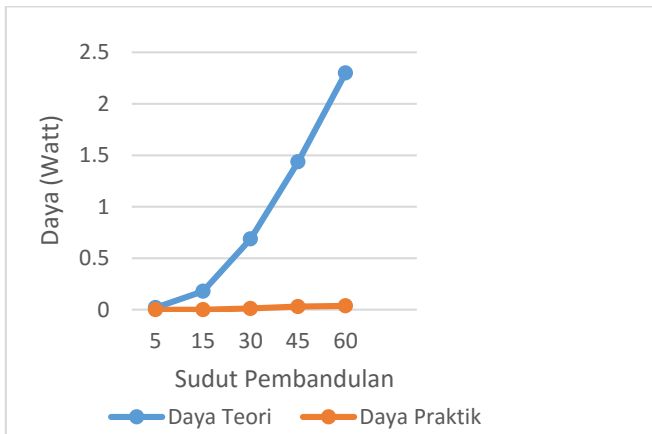
4. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 1 mm *off shore* kedalaman 12 cm.



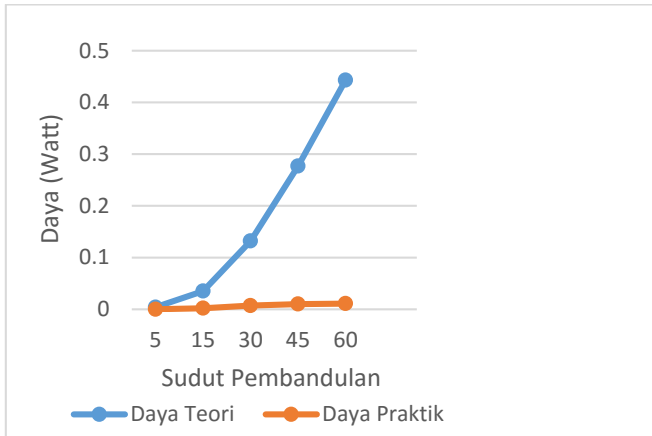
5. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 2 mm *off shore* kedalaman 12 cm.



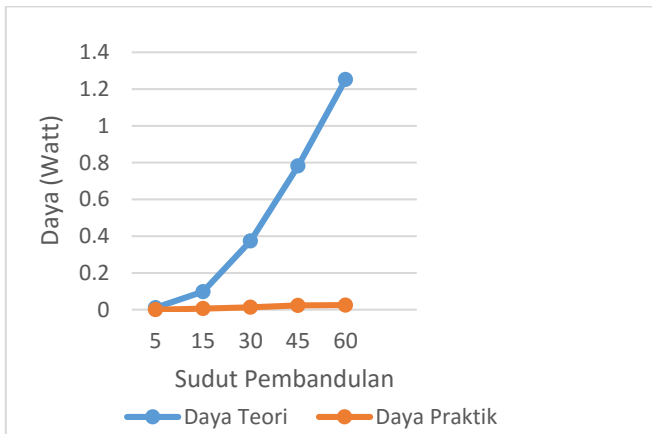
6. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 3 mm *off shore* kedalaman 12 cm.



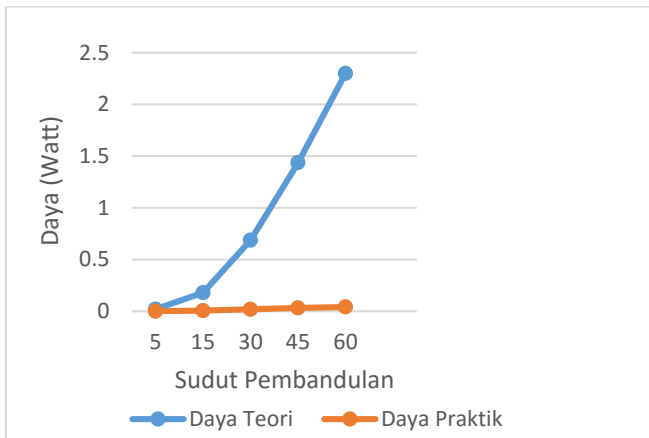
7. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 1 mm *off shore* kedalaman 15 cm.



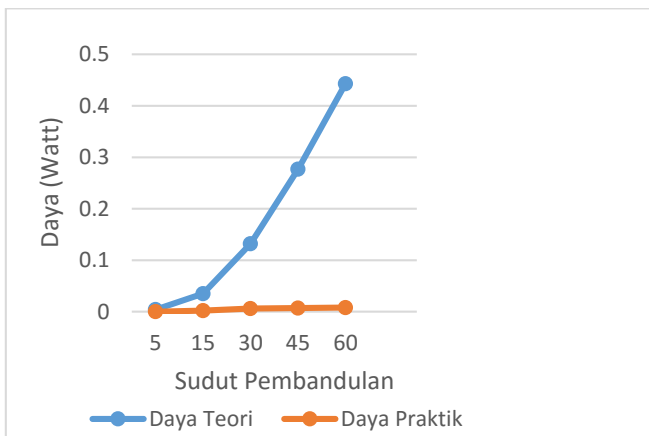
8. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 2 mm *off shore* kedalaman 15 cm.



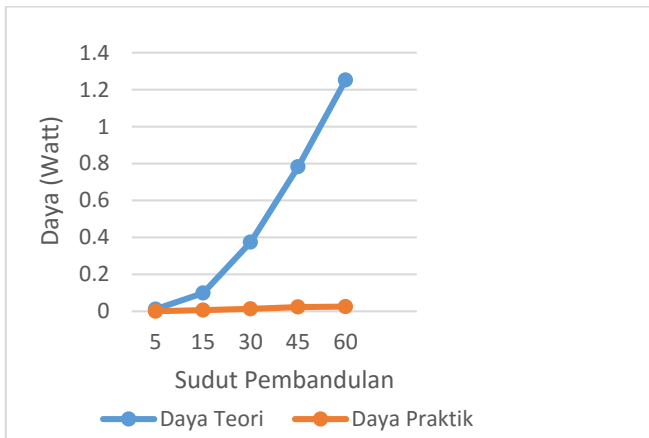
9. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 3 mm *off shore* kedalaman 15 cm.



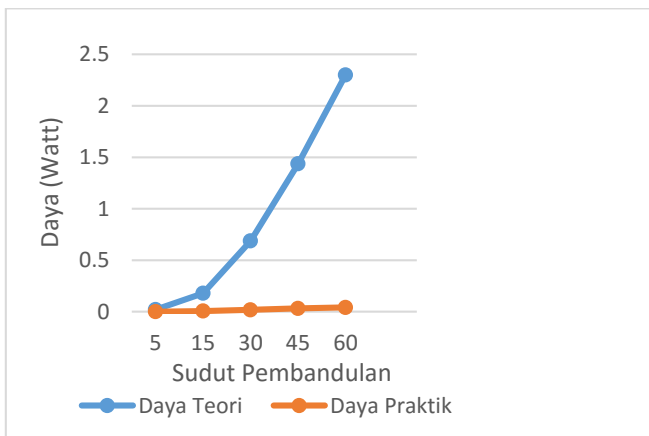
10. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 1 mm *off shore* kedalaman 17.5 cm.



11. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 2 mm *off shore* kedalaman 15 cm.



12. Grafik perbandingan daya secara teori dan praktikum pada juring 30° tebal 3 mm *off shore* kedalaman 15 cm.



BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perhitungan dengan menggunakan teori didapatkan bahwa semakin besar berat bandul atau sudut dan ketebalan bandul maka daya yang dihasilkan akan semakin besar.
2. Pengujian *on-shore* daya terbesar dihasilkan dengan menggunakan juring dengan ketebalan 3 mm, sudut kemiringan 60^0 , daya yang dihasilkan 0.036 watt.
3. Pengujian *on-shore* perbandingan jumlah putaran dengan waktu yang menghasilkan nilai paling besar pada juring dengan tebal 2 mm, sudut kemiringan 30^0 , nilai yang didapatkan 0,0938 rad/s, jumlah putaran yang dihasilkan 5 kali dalam waktu 5,33 s.
4. Pengujian *off-shore* dengan ballas 12 cm daya terbesar, pada juring dengan tebal 3 mm, sudut kemiringan 60^0 , daya yang dihasilkan 0.037 watt.
5. Pengujian *off-shore* ballas 12 cm, perbandingan jumlah putaran dengan waktu yang menghasilkan nilai paling besar pada juring dengan tebal 3 mm, sudut kemiringan 30^0 , nilai yang didapatkan 0.0735 rad/s, jumlah putaran yang dihasilkan 7 kali dalam waktu 9,53 s.
6. Pengujian *off-shore* dengan ballas 15 cm daya terbesar, pada juring dengan tebal 3 mm, sudut kemiringan 60^0 , daya yang dihasilkan 0.041 watt.
7. Pengujian *off-shore* ballas 15 cm, perbandingan jumlah putaran dengan waktu yang menghasilkan nilai paling besar pada juring dengan tebal 2 mm, sudut kemiringan 45^0 , nilai yang didapatkan 0.847

rad/s, jumlah putaran yang dihasilkan 6 kali dalam waktu 7,08 s.

8. Pengujian *off-shore* dengan ballas 17.5 cm daya terbesar, pada juring dengan tebal 3 mm, sudut kemiringan 60^0 , daya yang dihasilkan 0.032 watt.
9. Pengujian *off-shore* ballas 17.5 cm, perbandingan jumlah putaran dengan waktu yang menghasilkan nilai paling besar pada juring dengan tebal 2 mm, sudut kemiringan 30^0 , nilai yang didapatkan 0.847 rad/s, menghasilkan jumlah putaran 3 kali dalam waktu 3,54 s.
10. Semakin besar ballas maka jumlah putaran semakin kecil dengan waktu yang semakin cepat, sehingga daya yang dihasilkan semakin besar.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa yang dilakukan pada hasil pengujian bandul pada juring 30^0 , dengan menggunakan ketebalan 1 mm, 2 mm, 3 mm, maka pengujian sebaiknya dilaksanakan pada lab hidrodinamika untuk mengetahui ketinggian gelombang agar hasil yang didapatkan lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. DESIGN OF OCEAN SYSTEMS. 2001. MIT, Massachutes Institute Of Technology
- [2]. Zamrisyaf. 2010. Penemu Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandulan.
- [3]. International Energy Agency- Ocean Energy System (IEA|OES) Ref: Policy Report. Tahun 2006
- [4]. Wardhana, Ede Mehta. 2013. **ANALISA TEGANGAN DAN PENEMPATAN MOORING PADA PONTOON PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA LAUT- SISTEM BANDULAN**, Skripsi, Dept. Of Marine Engineering , ITS, Surabaya.
- [5]. Babarit A, Clement AH, Gilloteaux JC Optimization and time-domain simulation of the SEAREV wave energy converter. In : Proceedings of 24th International Conference Offshore Mechanics Arctic Engineering, Halkidiki, Greece; 2005, vol. 2, p. 703-12.
- [6]. Munawaroh, Raudhotul. 2013. **KAJIAN EKSPERIMEN GERAKAN PENDULUM PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT- SISTEM BANDULA PADA KONDISI UJI ON-SHORE DAN OFF-SHORE**, Skripsi, Dept. Of Marine Engineering ITS, Surabaya.
- [7]. Teori Bangunan Kapal. Stabilitas Suatu Kapal.
- [8]. Wkibooks Indonesia, Pelayaran Sungai dan Danau / Dasar-Dasar Kapal.

- [9]. Rudianto. 2010. **ANALISA GERAKAN PENDULUM DENGAN BENTUK JURING LINGKARAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT-SISTEM BANDUL PADA PENGUJIAN OFFSHORE**, skripsi, Dept. Of Marine Engineering ITS, Surabaya.
- [10]. FISIKA 1 soal – soal seri C. 2012. Dosen –dosen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [11]. Bambang M, PGD., Tony. Personal konsultasi Lab Marine Manufacturing and Design, Sistem Perkapalan ITS, Surabaya, 16 Desember 2015.
- [12]. Syarief A.ST, MT, Irfan. Personal konsultasi Lab Marine Manufacturing and Design, Sistem Perkapalan ITS, Surabaya, 9 Maret 2016.

BIODATA PENULIS



Penulis, Ardika Wendy Cahya Saputra terlahir di Ngawi pada tanggal 18 Agustus 1991. Merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Mangunharjo 2 Ngawi, SMPN Ngawi. Kemudian melanjutkan ke Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, jurusan Desain Konstruksi Kapal pada tahun 2010. Pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sarjana (S1) di jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan terdaftar dengan NRP. 4213 105 017. Di jurusan Teknik Sistem Perkapalan penulis mengambil bidang studi Marine Manufacturing and Design (MMD). Keinginan untuk mengamalkan ilmu yang didapat selama kuliah, mendorong penulis untuk mengambil topik tugas akhir “Analisa Kinerja Bandul Horizontal dengan Model Plat Multilevel Pada PLTGL”. Penulis memiliki harapan agar ilmu yang telah didapatkan dapat diamalkan untuk keluarga, lingkungan, bangsa dan Negara. Penulis dapat dihubungi melalui email dengan alamat ardikawendy17@yahoo.co.id

Motto : *Jangan pernah takut untuk MEMULAI, KESUKSESAN tidak akan tercapai tanpa langkah PERTAMA.*